

Begleitende Studie

SET Pilot 4: Flexibilisierung in Nicht- wohngebäuden: Potenziale und Hemmnisse von Energie- management mit Smart Meter

Ein Projekt der

dena

Impressum

Herausgeber

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)
Chausseestraße 128 a
10115 Berlin

Tel: +49 30 66 777-0
Fax: +49 30 66 777-699

E-Mail: info@dena.de
Internet: www.dena.de

Autorinnen und Autoren

Jérémy Bourgault, adelphi consult GmbH
Rebecca Rohe, adelphi consult GmbH
Prof. Bert Oschatz, ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden
Jens Rosenkranz, ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden
Dr. Susanne Kurowski, dena
Elias Schiafone, dena

Redaktion

Pia Dorfinger, dena
Rolli Vogel, dena
Caroline Werner, dena

Stand

01/2026

Alle Rechte sind vorbehalten. Die Nutzung steht unter dem Zustimmungsvorbehalt der dena.

Bitte zitieren als

Deutsche Energie-Agentur (Hrsg.) (dena, 2026) „SET Pilot 4: Flexibilisierung in Nichtwohngebäuden: Potenzielle und Hemmnisse von Energiemanagement mit Smart Meter“



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Die Veröffentlichung dieser Publikation erfolgt im Auftrag
des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.
Die Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) unterstützt die
Bundesregierung in verschiedenen Projekten zur Umsetzung
der energie- und klimapolitischen Ziele im Rahmen der
Energiewende.

Executive Summary

Der Einsatz von Smart Meter, deutsch: intelligente Messsysteme (iMSys), ist relevant, um ein marktdienliches und netzdienliches sowie sicheres Einspeise- und Verbrauchsmanagement von steuerbaren Verbrauchseinrichtungen (SteuVE) und Erzeugungsanlagen zu ermöglichen. Zudem lassen sich wichtige Netzzustandsdaten mithilfe intelligenter Messsysteme erfassen und übermitteln, was zur Transparenz in den Verteilnetzen beiträgt.

Nichtwohngebäude (NWG) machen über 10 Prozent des deutschen Gebäudebestandes aus und beanspruchen 36 Prozent des Endenergieverbrauchs. Insbesondere aufgrund des hohen Energiebedarfs bieten diese Gebäude ein hohes Potenzial für die automatisierte Energieoptimierung durch Energiemanagementsysteme (EMS) in Verbindung mit intelligenten Messsystemen. Das Ziel dieser Studie besteht darin, dieses Potenzial, insbesondere das Flexibilisierungspotenzial, im Nichtwohngebäudesektor in Deutschland zu erfassen. Im Rahmen des vierten SET Hub-Pilotprojekts der Deutschen Energie-Agentur (dena) wurde ein auf Künstlicher Intelligenz (KI) basierender Steuerungsalgorithmus für Energiemanagementsysteme in Verbindung mit intelligenten Messsystemen entwickelt. Diese Studie identifiziert spezifische Typen von Gebäuden mit hohen Potenzialen, vor allem hinsichtlich Flexibilisierung, für den Einsatz von Energiemanagementsystemen in Verbindung mit intelligenten Messsystemen. Durch Expertinnen- und Experteninterviews sowie eine Umfrage wurden relevante Faktoren ermittelt, welche die Anwendung dieser Systeme und Messsysteme in bestimmten Nichtwohngebäudetypen beeinflussen. Schließlich werden Handlungsempfehlungen abgeleitet, um den Einsatz von Energiemanagementsystemen in Verbindung mit intelligenten Messsystemen zur Erschließung von Flexibilisierungspotenzialen zu unterstützen.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass bei Nichtwohngebäuden verschiedene Hemmnisse in Bezug auf Flexibilisierungspotenziale und deren Umsetzung bestehen. Das sind unter anderem: ein mangelndes Bewusstsein sowie unzureichendes Wissen über Flexibilisierung und entsprechende Maßnahmen; die Wahrnehmung eines ungünstigen Kosten-Nutzen-Verhältnisses bei der Umsetzung von Flexibilisierungsmaßnahmen sowie ein begrenzter Ausbau der technischen Infrastruktur – insbesondere von Energiemanagementsystemen, intelligenten Messsystemen und steuerbaren Verbrauchseinheiten – zur Nutzung von Flexibilisierungspotenzialen. Dennoch kann deren Einsatz in diesem Sektor relevante Flexibilisierungspotenziale erschließen. Im Rahmen der Studie werden Nichtwohngebäudetypen mit Anschluss an das Nieder- und Mittelspannungsnetz betrachtet. Entsprechend sind industrielle Nichtwohngebäude mit ihren spezifischen Lastprofilen und Flexibilisierungspotenzialen vom Scope dieser Studie ausgeschlossen. Von den 14 in dieser Studie betrachteten Typen weisen insbesondere gewerbliche Bürogebäude, Schulen, Handelsgebäude, Hallenbäder und Hotels hohe Flexibilisierungspotenziale auf. Bei der Umsetzung entsprechender Maßnahmen ist zu berücksichtigen, dass sich die Flexibilisierungspotenziale je nach Typ – insbesondere in Abhängigkeit von der konkreten Anlagenausstattung – deutlich unterscheiden können. Zudem ist die Einhaltung von Komfortgrenzen (z. B. Temperaturintervalle) innerhalb der Gebäude ein zentraler Aspekt, der bei der Planung und Umsetzung von Flexibilisierungsmaßnahmen berücksichtigt werden sollte.

Die Studie gibt Handlungsempfehlungen zur Überwindung bestehender Hemmnisse. Dazu zählen unter anderem: Aufbau und Ausbau von Informationsangeboten zu Flexibilisierungspotenzialen und deren Umsetzung in Nichtwohngebäuden; die transparente Darstellung von Business Cases; das frühzeitige Planen von Energiemanagementsystemen und intelligenten Messsystemen bei Neubau und Sanierung sowie das generelle Vorantreiben des Rollouts dieser Systeme. Dezentrale Anlagen wie Ladesäulen, Wärmepumpen und

Speicher können grundsätzlich zur Hebung von Flexibilisierungspotenzialen beitragen. Für eine präzise Einschätzung des tatsächlichen Potenzials und geeigneter Maßnahmen ist jedoch eine fallspezifische Analyse des jeweiligen Gebäudes erforderlich. Dabei sind die zentralen Rahmenbedingungen (z. B. Temperaturintervalle innerhalb der Komfortgrenzen) sowie die vorhandenen Anlagen und deren betriebskritische Relevanz zu berücksichtigen.

Inhalt

Executive Summary.....	3
1 Einleitung	7
1.1 Potenziale der intelligenten Energieoptimierung in NWG	7
1.2 Zielsetzung und Vorgehen der Studie	9
1.3 Begriffseinordnung des Flexibilisierungspotenzials	11
2 Ermittlung der theoretischen Potenziale.....	13
2.1 Erhebung typischer Merkmale relevanter NWG-Typen.....	13
2.1.1 Datenlage im NWG-Bereich	13
2.1.2 Abgrenzung und Übersicht untersuchter NWG-Typen.....	14
2.1.3 Nutzbare Gebäudefunktionalitäten zur Flexibilisierung von NWG	17
2.2 Quantifizierung der Flexibilisierungspotenziale für relevante NWG-Typen	19
2.2.1 Einordnung zeitlicher Flexibilität	19
2.2.2 Literaturrecherche für die Quantifizierung der Flexibilisierungspotenziale.....	19
2.2.3 Quantitative Einordnung der Flexibilisierungspotenziale je NWG-Typ.....	23
2.3 Auswahl zu priorisierender NWG-Typen für die weiteren Untersuchungen.....	25
2.3.1 Auswahlkriterien	26
2.3.2 Priorisierte NWG-Typen	27
2.4 Hemmende Faktoren des realisierbaren Flexibilisierungspotenzials	28
2.4.1 Literaturrecherche zu Hemmnissen bei Optimierungsmaßnahmen.....	28
2.4.2 Leitfragen und Annahmen für die weitere Untersuchung	29
3 Expertinnen- und Experteninterviews.....	31
3.1 Zielsetzung und Durchführung der Interviews	31
3.2 Ergebnisse der Interviews.....	32
3.2.1 Allgemeine Ergebnisse.....	32

3.2.2	Erkenntnisse hinsichtlich priorisierter NWG-Typen.....	35
4	Befragung von Gebäudevertreterinnen und -vertretern	38
4.1	Zielsetzung und Durchführung der Umfrage	38
4.2	Ergebnisse der Befragung.....	39
4.2.1	Allgemeine Ergebnisse.....	39
4.2.2	Ergebnisse hinsichtlich priorisierter NWG-Typen	42
4.2.3	Auswertung des selbst eingeschätzten Flexibilisierungspotenzials	44
5	Kernerkenntnisse und Handlungsempfehlungen.....	48
6	Fazit	52
Anhang 1:	Merkblätter relevanter NWG-Typen	53
Anhang 2:	Berechnung der Flexibilisierungswerte	78
Anhang 3:	Detailergebnisse zur Berechnung der Flexibilisierungskennwerte	82
Abbildungsverzeichnis.....		84
Tabellenverzeichnis		85
Literaturverzeichnis		86
Abkürzungsverzeichnis.....		90

1 Einleitung

1.1 Potenziale der intelligenten Energieoptimierung in NWG

Mit der Novellierung des Messstellenbetriebsgesetzes (MsbG) im Rahmen des Gesetzes zum Neustart der Digitalisierung der Energiewende (GNDEW) 2023 sowie der MsbG-Novelle vom Februar 2025 sind wichtige regulatorische Rahmenbedingungen zur Beschleunigung des Smart-Meter-Rollouts gesetzt worden. Smart Meter bzw. **intelligente Messsysteme (iMSys)** in Deutschland bestehen aus einer modernen Messeinrichtung (mME) und einem Smart-Meter-Gateway (SMGW) als Kommunikationseinheit. iMSys ermöglichen die digitale Erfassung sowie sichere Übertragung von Stromverbrauchsdaten an berechtigte Marktteilnehmende. Nach MsbG müssen iMSys an Messlokalisationen ab einem Jahresstromverbrauch von 6.000 kWh verpflichtend eingebaut werden. Ist zusätzlich eine Steuerungseinheit integriert, so spricht man von **intelligenten Mess- und Steuerungssystemen (iMSys+)**. iMSys+ bilden die technische Grundlage für die netzorientierte Steuerung und sind gemäß § 14a Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) bei neuen steuerbaren Verbrauchseinrichtungen (SteuVE) mit einer elektrischen Leistung von über 4,2 Kilowatt (kW) und für Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien ab 7 kW gesetzlich vorgesehen. Im Rahmen dieser Studie wird die Bezeichnung **iMSys(+)** verwendet. Gemeint sind im Kontext dieses Textes iMSys mit oder ohne Steuerungseinheit.

Mit der zunehmenden Integration dezentraler Erzeugungsanlagen, Energiespeicher und Verbrauchseinrichtungen und der steigenden Elektrifizierung insbesondere in den Bereichen Wärme und Mobilität wird eine präzise Erfassung und Steuerung von Energieverbräuchen immer wichtiger. **Energiemanagementsysteme (EMS)**¹ erweitern die Funktionalität von iMSys(+) durch eine umfassende technische Infrastruktur, die neben Mess- und Sensoriktechnik auch Kommunikationsschnittstellen, Steuereinheiten sowie Visualisierungskomponenten (z. B. Apps, Webportale oder Displays) umfasst. Während iMSys+ mit der Steuerungseinheit insbesondere die netzorientierte Steuerung ermöglichen, bieten EMS erweiterte Automatisierungsmöglichkeiten durch fortgeschrittene Steuerungsalgorithmen zur Optimierung von Energieverbräuchen. Die Kombination aus iMSys(+) und EMS bildet somit die technische Grundlage für eine sichere, effiziente und flexible Energienutzung in Gebäuden.

Nichtwohngebäude (NWG) sind gemäß dem Statistischen Bundesamt Gebäude, die nicht zu Wohnzwecken genutzt werden (destatis, 2025). NWG machen insgesamt mit ca. 2 Millionen Gebäuden über 10 Prozent des deutschen Gebäudebestandes aus, sind jedoch für ca. 36 Prozent des Endenergieverbrauchs verantwortlich (dena, 2023a; dena, 2023b). Im Vergleich zu Wohngebäuden (WG) verbrauchen NWG deutlich mehr Energie und zeichnen sich durch Heterogenität ihrer Nutzungsprofile, Energieintensität und technischen Ausstattung aus. Aufgrund des hohen Energiebedarfs sowie der diversen und oftmals komplexen Betriebszyklen (z. B. in Gesundheits-, Verpflegungs- oder Handelsgebäuden) besteht insbesondere bei NWG ein Potenzial für die automatisierte Energieoptimierung durch EMS mit iMSys(+). Die Einführung der EU-Smart-Readiness-Indicator (SRI)-Systematik in Deutschland schafft eine wichtige Grundlage für die Skalierung von EMS mit iMSys(+) im Gebäudebereich. Rechtlich unterliegen NWG bereits zahlreichen Vorgaben, die ein intelligentes Energiemanagement erfordern. Ab einem Gesamtendenergieverbrauch von 7,5 Gigawattstunden (GWh) sind Unterneh-

¹ Technische EMS sind nicht mit zertifizierten Energie- bzw- Umweltmanagementsystemen nach ISO 50001, ISO 14001 oder EMAS zu verwechseln. Bei Letzteren handelt es sich um strategische Managementsysteme, die neben der Technik auch Organisation, Strategie, Ziele und kontinuierliche Verbesserung umfassen. Ein technisches EMS kann maßgeblich zu einem ISO-50001-System beitragen, stellt aber nur einen Baustein im Gesamtprozess dar.

men gemäß dem Energieeffizienzgesetz (EnEfG) verpflichtet, bis Juli 2025 ein EMS zu implementieren. Zudem müssen Energieausweise nach DIN V 18599² beim Kauf und der Vermietung von Gebäuden vorliegen. Gemäß § 71a Gebäudeenergiegesetz (GEG) sind ab November 2024 alle NWG mit Heizungs- oder Klimaanlagen von mehr als 290 kW Nennleistung verpflichtet, mit einem Gebäudeautomationssystem ausgestattet zu sein.

Im Rahmen der Studie werden NWG-Typen mit Anschluss an das Nieder- und Mittelspannungsnetz betrachtet. Entsprechend sind industrielle NWG mit ihren spezifischen Lastprofilen und Flexibilisierungspotenzialen vom Scope dieser Studie ausgeschlossen. Obwohl Flexibilisierungspotenziale in industriellen NWG relevant sind, unterliegen industrielle Prozesse und entsprechende EMS komplexen technischen und organisatorischen Anforderungen, die nicht ohne Weiteres im Rahmen dieser Studie generalisiert werden können. Folgende 14 NWG-Typen werden hinsichtlich der Flexibilisierungspotenziale in dieser Studie genauer betrachtet: (1) gewerbliche Bürogebäude, (2) Schule, (3) Verpflegung, (4) Verwaltung und Amt, (5) Kaufhaus und Einkaufszentrum, (6) Hotel und Pension, (7) Kita, (8) Sporthalle, (9) Forschung und Hochschullehre, (10) Pflegeheim, (11) Krankenhaus, (12) Museum und Ausstellung, (13) Schwimmhalle und (14) Theater und Veranstaltung.

Flexibilisierung impliziert im Rahmen dieser Studie die Fähigkeit von dezentralen Energieverbrauchern und -erzeugern, ihren Energieverbrauch und ihre Energieerzeugung an wechselnde Bedingungen wie z. B. Preissignale und Steuerungssignale anzupassen. In dieser Studie liegt der Fokus auf Preissignalen als Auslöser für Flexibilisierung.

Es ist jedoch zu beachten, dass in der Niederspannung auch **Ad-hoc-Steuerungssignale** nach § 14a EnWG eingesetzt werden können, um die Netzstabilität zu sichern. Diese haben gegenüber Preissignalen bei der Umsetzung stets Vorrang. § 14a EnWG ermöglicht es Verteilnetzbetreibern (VNB), die Leistungsaufnahme von steuerbaren Verbrauchseinrichtungen (SteuVE) bei Netzüberlastung in der Niederspannung zu dimmen, wobei ein Mindestbezug sichergestellt wird und die SteuVE weiter betrieben werden können. Die Mindestleistung für die einzelne SteuVE beträgt 4,2 kW, wobei für größere Wärmepumpen und Klimaanlagen (Netzanschlussleistung > 11 kW) ein höherer Wert von 40 Prozent der Netzanschlussleistung gilt. Zu den SteuVE nach § 14a EnWG zählen neu installierte Wärmepumpen, Wallboxen, Batteriespeicher und Klimaanlagen mit einer Leistung über 4,2 kW, die an das Niederspannungsnetz angeschlossen sind. Werden mehrere Anlagen über ein EMS angebunden, so wird die Mindestleistung über einen Gleichzeitigkeitsfaktor bestimmt. Wenn ein VNB die Ad-hoc-Steuerung noch nicht umsetzen kann, kann eine präventive Steuerung eingesetzt werden. Der VNB darf die betroffene SteuVE dann auf Basis netzplanerischer Daten für maximal 2 Stunden pro Tag dimmen, z. B. bei erwarteter hoher Netzauslastung, wobei die Mindestbezugsleistung bestehen bleiben muss. Diese präventive Steuerung ist maximal 2 Jahre ab der ersten Nutzung in einem Netzbereich und insgesamt bis Ende 2028 begrenzt (KEDi, 2024).

Externe Flexibilisierungsanreize durch **Preissignale** können in netz- und marktdienliche Preissignale unterteilt werden. **Netzdienliche Preissignale** spiegeln die Netzauslastung wider. Zeitvariable Netzentgelte gemäß § 14a EnWG Modul 3 zeigen hierbei grobe Muster zur Auslastung der Verteilnetze auf, setzen Anreize zur Lastverschiebung in Niedrigpreisfenster und sind seit April 2025 von Betreiberinnen und Betreibern von SteuVE nach § 14a EnWG im Niederspannungsnetz wählbar. Der VNB legt dafür für den Arbeitspreis in Ergänzung zum Standardtarif einen Hochlasttarif und Niedriglasttarif für das Netzgebiet fest. Zeitvariable Netzentgelte gemäß § 14a EnWG Modul 3 können von Betreiberinnen und Betreibern von SteuVE nach § 14a EnWG im

² Auslegungen zu DIN V 18599: <https://www.din.de/de/mitwirken/normenausschusse/nabau/auslegungendin18599-68632>, abgerufen am 20.10.2025.

Gegenzug dafür in Anspruch genommen werden, dass sie ihre SteuVE zur netzorientierten Steuerung nach § 14a EnWG bereitstellen (KEDI, 2024). Zeitvariable Netzentgelte gemäß § 14a EnWG Modul 3 sind damit als netzorientiertes Preissignal ein neues Instrument in der Umsetzung. Die Preis-Spreads zwischen Hochlast- und Niedriglasttarif sind hierbei nach Netzgebiet unterschiedlich ausgeprägt und beeinflussen die betriebswirtschaftlichen Optimierungen der SteuVE (FfE, 2024).

Industrielle NWG sind zwar nicht Teil des Untersuchungsfokus dieser Studie (siehe oben), § 19 Absatz 2 Stromnetzentgeltverordnung (StromNEV), werden jedoch zur Abrundung des Gesamtbilds des NWG-Sektors hier kurz aufgegriffen. § 19 Absatz 2 StromNEV ist mitunter für industrielle NWG relevant, wodurch die Vermeidung der Netznutzung in Hochlastzeiten, „atypische Netznutzung“ (§ 19 Absatz 2 Satz 1 StromNEV) sowie die stromintensive und konstante Netznutzung „Bandlast“ (§ 19 Absatz 2 Satz 2 bis 4 StromNEV) durch Netzentgeltreduzierung angereizt werden. Aufgrund geänderter Rahmenbedingungen ist eine Neubewertung dieser Ansätze nötig und derzeit im Gange.

Marktdienliche Preissignale drücken Strompreisvolatilitäten am Spotmarkt aus und können von Energieversorgern im Rahmen flexibler Tarife an Endkundinnen und Endkunden weitergegeben werden. Bei flexiblen Stromtarifen ist zudem zwischen **zeitvariablen Tarifen**, die auf einer vorab festgelegten Preisstruktur mit festen Zeitfenstern basieren, und **dynamischen Tarifen**, bei denen sich der Strompreis in Echtzeit nach den aktuellen Preisen am Spotmarkt richtet, zu unterscheiden. Vorteil für die Kundinnen und Kunden der zeitvariablen Tarife sind die Planbarkeit und die voraussehbaren Stromkosten, während dynamische Tarife die Ausnutzung der niedrigsten Preise ermöglichen, jedoch auch das Risiko kurzfristiger Preisspitzen mit sich tragen. Nach § 41a EnWG sind Stromlieferanten zum Angebot dynamischer Tarife für Kundinnen und Kunden mit iMSys(+) ab 2025 verpflichtet. Gemäß den angestrebten Kostensenkungen können Endkundinnen und Endkunden Lasten in Zeiten günstiger Spotmarktpreise verschieben. Es ist zu beachten, dass diese netzdienlichen und marktdienlichen Preissignale im Zielkonflikt stehen können.

Obwohl erforderliche Technologien (EMS, iMSys(+), Gebäudeleittechnik (GLT), SteuVE und Erzeugungsanlagen) sowie entsprechende regulatorische Vorgaben bereits vorhanden sind, fehlt bislang eine umfassende Analyse der Potenziale von EMS mit iMSys(+) für NWG, insbesondere im Hinblick auf deren Flexibilisierung.

1.2 Zielsetzung und Vorgehen der Studie

Das Ziel dieser Studie besteht darin, das Potenzial von EMS in Verbindung mit iMSys(+) im deutschen NWG-Sektor zu bewerten. Dies geschieht im Kontext des vierten Pilotprojekts des Projekts Startup Energy Transition Hub (SET Hub) der Deutschen Energie Agentur GmbH (dena), welches durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) gefördert wird. In diesem SET Hub-Pilotprojekt wird ein auf Künstlicher Intelligenz (KI) basierender Steuerungsalgorithmus für die Gebäudeleittechnik eines NWG entwickelt und erprobt. Diese Studie soll Erkenntnisse zu Energieeffizienz- und Flexibilisierungspotenzialen für den Einsatz von EMS in Verbindung mit iMSys(+) liefern und spezifische NWG-Typen identifizieren, welche die größten Potenziale aufweisen.

Für den Zweck dieser Studie muss zwischen verschiedenen Arten von Potenzialen unterschieden werden, die es zu untersuchen gilt. Das **Potenzial von EMS in Verbindung mit iMSys(+) im Sinne der nationalen Energiewende** lässt sich als Beitrag dieser Technologien zu den nationalen Treibhausgas (THG)-Minderungszielen gemäß Klimaschutzgesetz (KSG) definieren. Dieses Potenzial besteht einerseits aus gebäudeinternen Optimierungsmaßnahmen im Sinne der Energieeffizienz, im Rahmen dieser Studie **Effizienzpotenziale** genannt, und andererseits aus Flexibilisierungsmaßnahmen zur Lastverschiebung, die auf externen Bedingungen wie

Preissignalen basieren, im Rahmen dieser Studie **Flexibilisierungspotenziale** genannt. Diese Unterscheidung ist von Bedeutung, da Effizienz- und Flexibilisierungspotenziale auf Gebäudeebene im Zielkonflikt stehen können oder als solcher wahrgenommen werden können (siehe Abschnitt 4.24.2.3). Das Effizienzpotenzial ist durch den Einsatz von EMS, GLT und SteuVE bereits im NWG-Bereich erforscht und dokumentiert; insbesondere als wesentliche Maßnahmen nach verpflichtenden Audits sowie als technischer Baustein der Umwelt- und Energiemanagementsysteme nach ISO 50001, ISO 14001 und Eco-Management and Audit Schemes (EMAS), die bei Unternehmen in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen haben. Das Flexibilisierungspotenzial in NWG wurde hingegen nur wenig erforscht (siehe Abschnitt 2.2) und wird aus diesem Grund als zentrales Untersuchungsobjekt dieser Studie angesehen. Letztlich wird in dieser Studie auch das **Marktpotenzial für den Einsatz von EMS mit iMSys(+)** qualitativ untersucht. Dabei geht es um eine Abschätzung, unter welchen Bedingung und bei wie vielen Gebäuden je NWG-Typ EMS mit iMSys(+) Lösungen wirtschaftlich sinnvoll eingesetzt werden. Hier fließen insbesondere die Untersuchungen von eingrenzenden Faktoren für die flächendeckende Einführung von EMS mit iMSys(+) ein. Im Rahmen der Studie werden nur NWG-Typen mit Anschluss an das Nieder- und Mittelspannungsnetz betrachtet. Entsprechend sind industrielle NWG mit ihren spezifischen Lastprofilen und Flexibilisierungspotenzialen vom Scope dieser Studie ausgeschlossen.

Im Rahmen der Potenzialanalysen wurden zunächst relevante NWG-Typen und deren Merkmale recherchiert und in Merkblättern strukturiert (siehe Abschnitt 2.1). Auf dieser Grundlage wurde das Potenzial für den Einsatz von EMS in Verbindung mit iMSys(+) für diese Gebäudetypen quantitativ untersucht (siehe Abschnitt 2.2). Darauf aufbauend wurden 5 zu priorisierende NWG-Typen für die weitere Untersuchung identifiziert (siehe Abschnitt 2.3). Eine weiterführende Literaturrecherche identifiziert Faktoren, die das Potenzial der priorisierten NWG-Typen beeinflussen könnten (siehe Abschnitt 2.4). Um Potenziale und eingrenzende Faktoren für den Einsatz von EMS in Verbindung mit iMSys(+) zu bewerten, wurden acht Expertinnen- und Experteninterviews durchgeführt (siehe Kapitel 3). Dabei basieren die Interviewleitfäden auf den Ergebnissen der Literaturrecherche und beziehen sich auf die priorisierten NWG-Typen. Anschließend wurde eine Umfrage unter Gebäudevertreterinnen und -vertretern der priorisierten NWG-Typen durchgeführt (siehe Kapitel 4), um anhand von Fallbeispielen die theoretisch eingeschätzten Potenziale und identifizierten Faktoren realen Gebäudedaten gegenüberzustellen. Abschließend werden aus den Knergebnissen der Untersuchung Handlungsempfehlungen für die Stakeholder der Energiewende in NWG entwickelt (siehe Kapitel 5). Abbildung 1 fasst die übergeordnete Vorgehensweise der Untersuchung und die Verzahnung der Arbeitsschritte zusammen.

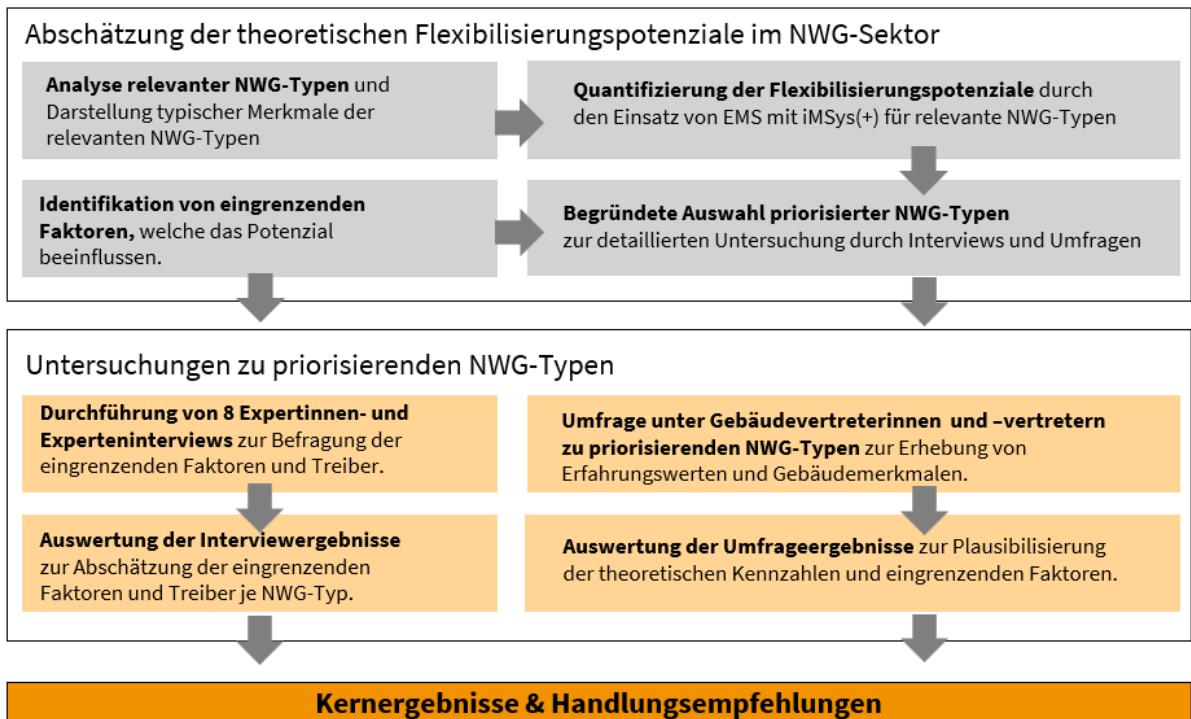


Abbildung 1: Vorgehensweise der Untersuchungen (Quelle: eigene Darstellung)

1.3 Begriffseinordnung des Flexibilisierungspotenzials

Flexibilität beschreibt die Fähigkeit des Stromsystems, zeitgerecht auf Veränderungen von Angebot und Nachfrage zu reagieren (Agora 2023). Im Rahmen dieser Studie wird unter **Flexibilisierungspotenzial** das Vermögen der Anschlussnehmerinnen und -nehmer (i. d. R. Energieverbrauchsanlagen) verstanden, ihren individuellen Lastgang durch automatisierte EMS an wechselnde Bedingungen (z. B. Preissignale oder eigene Energieproduktionserzeugungsspitzen) anzupassen.

Externe Anreize zur Flexibilisierung können durch Preissignale und die dadurch ausgelösten Flexibilisierungsmaßnahmen in netzdienlich und marktdienlich unterteilt werden. **Netzdienlichkeit** zielt auf die Optimierung technischer Betriebsparameter des Stromnetzes ab (z. B. Vermeidung von Netzüberlastungen) und spiegelt sich z. B. in der Ausgestaltung der zeitvariablen Netzentgeltkomponente des Strompreises wider, wie bei § 14a EnWG Modul 3 (siehe Abschnitt 1.1). **Marktdienlichkeit** spiegelt dynamische Spotmarktpreise im Rahmen der Beschaffungskomponente des Strompreises wider (siehe Abschnitt 1.1). Netz- und marktdienliche Preisanreize können sich überlagern.

Die Netzlaf ist der zeitliche Verlauf der elektrischen Leistung, die alle Verbrauchsanlagen zusammen aus dem Stromnetz beziehen (BMWE 2025). Flexibilisierungspotenziale werden in der Literatur oft mit einem bilanziellen Richtungssinn aus Perspektive des Stromnetzes als *positiv* oder *negativ* beschrieben: **Positive Potenziale** können die Netzlaf reduzieren, indem sie den Leistungsbezug aus dem Netz senken, z. B. durch niedrigeren Strombezug der Wärmepumpe als Konsequenz hoher Spotmarktpreise. **Negative Potenziale** können die Netzlaf erhöhen, indem sie den Leistungsbezug aus dem Netz erhöhen, z. B. durch höheren

Strombezug der Wärmepumpe als Konsequenz niedriger Spotmarktpreise. Oft wird in diesem Zusammenhang auch von **Lastverschiebungen** gesprochen.³

Im Kontext der Flexibilisierung kann der Potenzialbegriff hinsichtlich Erschließ- bzw. Nutzbarkeit abgestuft werden (siehe

Abbildung 2). Hierbei wird unter dem **theoretischen Flexibilisierungspotenzial** die installierte Gesamtkapazität verstanden (z. B. Anlagenleistung, (Gesamt-)Batteriekapazität) – ungeachtet ihrer technischen oder sonstigen Nutzbarkeit zur Flexibilisierung. Hiervon beschreibt das **technische Potenzial** den mit technischen Mitteln zur Flexibilisierung nutzbaren Anteil. Weitere Untermengen zielen darauf ab, ob ein Flexibilisierungspotenzial **wirtschaftlich** sinnvoll, **funktionserhaltend** und unter Berücksichtigung sonstiger Hemmnisse **praktisch** umsetzbar ist.

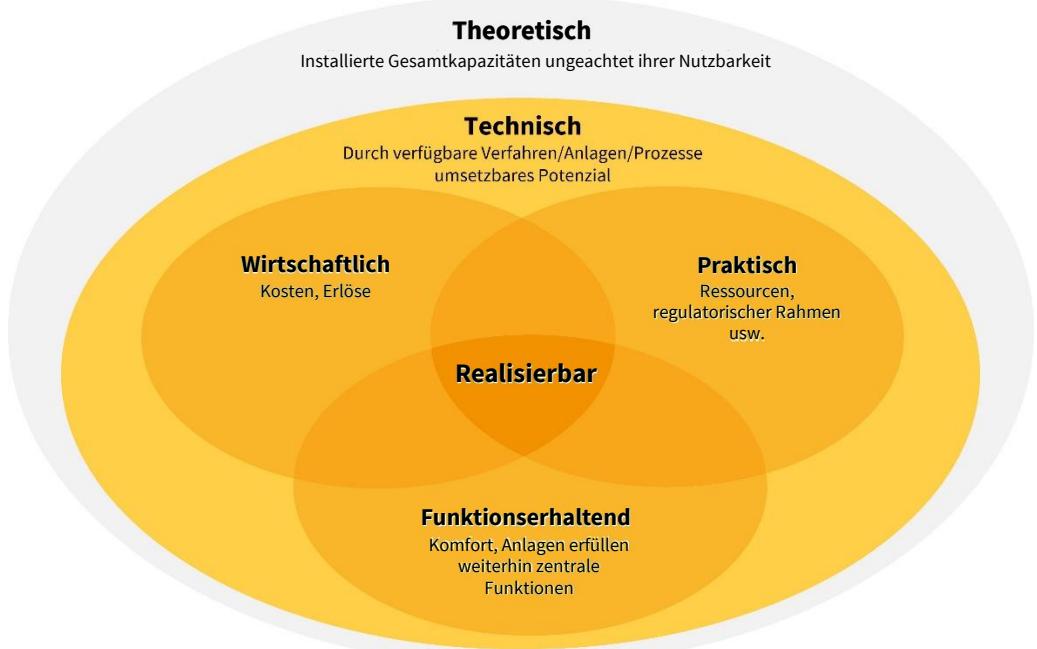


Abbildung 2: Einordnung verschiedener Potenzialbegriffe im Kontext der Flexibilisierung (Quelle: eigene Darstellung)

³ Eine modellhaft ideale Lastverschiebung ist die Kombination aus positiven und negativen Flexibilisierungen, welche sich bilanziell exakt kompensieren. In der Praxis haben positive und negative Flexibilisierungen im Rahmen von Lastverschiebungen allerdings nicht notwendigerweise denselben Betrag. So kann beispielsweise eine Verschiebung unter Ausnutzung thermischer Speicherkapazitäten lokal zu höheren Verlusten führen, sodass infolge der Verschiebung am Ende mehr Energie geliefert werden muss, was einen Zielkonflikt zwischen Effizienz und Flexibilitätsnutzung hervorrufen könnte.

2 Ermittlung der theoretischen Potenziale

2.1 Erhebung typischer Merkmale relevanter NWG-Typen

Ziel der Literaturrecherche ist einerseits die Identifizierung und Beschreibung relevanter NWG-Typen und andererseits die Erhebung typischer Energiekennwerte je NWG-Typ, die u. a. auch als Datengrundlage für die quantitative Potenzialanalyse genutzt werden (siehe Abschnitt 2.2). Die beschriebenen Gebäudemerkmale und Eigenschaften dienen einer qualitativen Einordnung der Flexibilisierungs- und Einsparpotenziale je NWG-Typ und der späteren Auswahl der zu priorisierenden NWG-Typen (siehe Abschnitt 2.4). Die erhobenen Energiekennwerte wurden als Datengrundlage gemäß der Methodik für die Quantifizierung der Potenziale (siehe Abschnitt 2.2) recherchiert.

Auf Basis der Ergebnisse der Literaturrecherche werden in den Merkblättern (siehe Anhang 1: Merkblätter relevanter NWG-Typen) für jeden betrachteten NWG-Typ die relevanten Informationen in drei Themenblöcken übersichtlich dargestellt:

- Gesamtwirtschaftliche Einordnung der NWG-Typen
- Typische Merkmale hinsichtlich Energie- und Nutzungsprofilen sowie Flexibilisierungsmöglichkeiten
- Teilenergiekennwerte für die spätere Quantifizierung der Flexibilisierungspotenziale

2.1.1 Datenlage im NWG-Bereich

NWG-Typologien ermöglichen es, den Energieverbrauch von NWG, basierend auf ihrem jeweiligen Typ, präziser zu schätzen und können so zur Effizienz und Verbesserung der Funktionalität beitragen (IWU 2022c). Das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) konnte NWG anhand des Bauwerkszuordnungskataloges in 76 Gebäudekategorien strukturieren (BBSR 2024). Im Gegensatz dazu verfolgt das Institut Wohnen und Umwelt (IWU) in seiner Datenbank ENOB: dataNWG eine Klassifizierung mit 11 NWG-Hauptkategorien und 3 Baualtersklassen (IWU 2022a). Kretschmar et al. (2019) stellt eine international vergleichbare Typologie mit 13 Gebäudeklassen fest, die zusätzlich in private und öffentliche Gebäude sowie Sektoren sortierbar sind.

Die Datenlage auf nationaler Ebene im NWG-Bereich ist eingeschränkt und Maßnahmen zur Verbesserung der Datengrundlagen werden derzeit auf Bundesebene unternommen (BMWK 2022). Die aktuell zur Verfügung stehenden Datengrundlagen für NWG-Merkmale lassen sich auf wenige Primärquellen zurückführen. Folgende wesentliche Grundlagen wurden für diese Analyse identifiziert:

IWU Datenbank ENOB: dataNWG (IWU 2022a)⁴

Die ENOB: dataNWG ist die zentrale Forschungsdatenbank zum Thema NWG in Deutschland. Sie enthält umfassende Daten zur Struktur und energetischen Qualität des NWG-Bestands. Die Daten wurden zwischen 2015 und 2019 erhoben. Die Datenbank umfasst eine repräsentative Stichprobe von 100.000 NWG, deren Hausumringe anhand öffentlich verfügbarer Geodaten erfasst wurden. Von diesen wurden 10.000 durch eine detaillierte Telefonbefragung untersucht. Ziel der Datenbank ist es, Wissenslücken im NWG-Bereich zu schließen und als Grundlage für wissenschaftliche Analysen sowie politische Entscheidungsprozesse zu dienen.

⁴ Projektwebseite der ENOB: dataNWG: <https://www.iwu.de/research/gebäudebestand/forschungsdatenbank/>, abgerufen am 20.10.2025.

Die Datenerhebung basiert auf Geoinformatik, Befragungen und statistischen Auswertungen, um eine belegbare und repräsentative Datengrundlage zu bieten. Eine Hochrechnung für den gesamten NWG-Bestand in Deutschland wurde durchgeführt.

Allerdings gibt es Einschränkungen hinsichtlich der Repräsentativität, bedingt durch potenzielle Stichprobenfehler, kleine Stichproben bei bestimmten NWG-Unterkategorien und methodische Annahmen. Zudem ist die Aktualität der Daten eingeschränkt, da die Erhebung zwischen 2015 und 2019 stattfand. Die Datenbank bietet keine umfassende Übersicht über die gesamten Energieverbräuche der erfassten Gebäude, sondern fokussiert sich auf thermische Eigenschaften, Wärmebedarf und Sanierungsniveau. Im Rahmen dieser Studie wird diese Datenquelle primär für die gesamtwirtschaftliche Einordnung und die Hochrechnung geschätzter Potenziale auf nationaler Ebene genutzt.

BBSR 2021: Vergleichswerte für den Energieverbrauch von NWG (BBSR 2021)

Die NWG-Vergleichswerte des BBSR wurden zuletzt 2021 aktualisiert und bieten eine wichtige Grundlage zur Schätzung und Bewertung des Energieverbrauchs unterschiedlicher NWG. Ziel ist es, fundierte Vergleichswerte als Benchmark für die energetische Bewertung und Optimierung von NWG bereitzustellen. Die Datensammlung umfasst ca. 50 Gebäudetypen und deren spezifische energetische Merkmale, basierend auf umfangreichen Erhebungen und Verbrauchsdaten, die vom IWU im Auftrag des BBSR durchgeführt wurden.⁵

Typische Anwendungszwecke der BBSR-Datenbank sind die Unterstützung von Energieaudits, die Planung energetischer Sanierungen und die Entwicklung von Energieeffizienzstrategien. Eine wesentliche Stärke der Datenbank ist die detaillierte Erfassung spezifischer Vergleichswerte, einschließlich Teilenergiekennwerten.

Ähnlich wie bei der IWU-Datenbank bestehen jedoch auch hier Einschränkungen hinsichtlich Repräsentativität aufgrund der begrenzten und gealterten Datengrundlage. Ein Abgleich oder eine Kombination von Kennwerten aus der Erhebung des BBSR und IWU ist nicht möglich. Im Rahmen dieser Studie werden die BBSR-Vergleichswerte für die Quantifizierung der Potenziale je Gebäude bevorzugt.

2.1.2 Abgrenzung und Übersicht untersuchter NWG-Typen

Scope der Untersuchung

Gemäß dem Statistischen Bundesamt sind NWG Gebäude, die nicht zu Wohnzwecken genutzt werden, wie z. B. Bürogebäude, Fabrikgebäude, Lagerhallen, Schulen, Krankenhäuser einschließlich fest verbundener Installationen, Einrichtungen und Ausrüstungen (destatis 2025). Gemäß § 3 Absatz 1 Nr. 23 und 33 GEG sind NWG alle Gebäude, die nicht überwiegend dem Wohnen dienen.

Der Fokus dieser Untersuchung liegt auf NWG in Deutschland, die an das Nieder- oder Mittelspannungsnetz angeschlossen sind. Liegenschaften mit Anschluss an das Hochspannungsnetz, die i. d. R. industrielle Standorte umfassen, werden aus dem Scope der Studie ausgeschlossen. Die Vielzahl industrieller Prozesse sowie deren spezifische Energieverbräuche und Lastprofile lassen sich auf einer übergeordneten Ebene nicht sinnvoll analysieren. Obgleich Flexibilisierungspotenziale in der Industrie relevant sind, unterliegen industrielle Prozesse und entsprechende EMS komplexen technischen und organisatorischen Anforderungen, die nicht

⁵ Dabei handelt es sich nicht um dieselbe Datenerhebung wie für die ebenfalls vom IWU entwickelte Datenbank ENOB: dataNWG, da diese unterschiedliche methodische Ansätze und Zielsetzungen verfolgten.

ohne Weiteres generalisiert werden können. Dennoch können nichtprozessbezogene Gebäudebereiche, z. B. Büros, Teil der Analyse sein, soweit sie gemäß GEG energetisch separat bewertet werden können.⁶

Granularität existierender NWG-Typisierungen

Aktuell besteht keine allgemeingültige, standardisierte Typisierung von NWG in Deutschland. Mehrere Ansätze wurden in den letzten Jahren entwickelt und bei Datenerhebungen eingesetzt. Die wesentliche offizielle Grundlage zur Einordnung von Gebäuden ist der Bauwerkzuordnungskatalog der Bauministerkonferenz (Bauministerkonferenz 2021). Dieser wurde zuletzt im Jahr 2021 aktualisiert und enthält eine Vielzahl an Bauwerkskategorien, die mit einer vierstelligen Nummer identifiziert werden. Sie können in 9 Überkategorien gefasst werden (siehe Tabelle 1, Spalte 1), die jedoch mit keinerlei Gebäudemerkmalen oder Daten verknüpft sind. Dabei wird nach dem Zweck der Bauwerke sortiert, jedoch z. B. nicht nach Eigentümerinnen- und Eigentümerstruktur oder effektiver Nutzung. Sie liefert auch keine Hinweise, um Gebäude anhand von Merkmalen entsprechend zu identifizieren und den Kategorien zuzuordnen. Es wird zudem nicht ausdrücklich zwischen WG und NWG unterschieden.

Die zuvor beschriebene Datenbank ENOB:dataNWG (siehe Abschnitt 2.1.1) basiert auf einer Typisierung der NWG des IWU (IWU, 2022c). Diese bezieht sich ausschließlich auf NWG und ist mit der statistischen Auswertung real erhobener Gebäudedaten hinterlegt. Sie unterscheidet zwischen 11 NWG-Hauptkategorien (siehe Tabelle 1, Spalte 2) und mehreren Hundert NWG-Unterkategorien. Jedoch ist hierbei die Datengrundlage je Unterkategorie zu gering, um statistische Auswertungen und Hochrechnungen durchzuführen.

Jedoch lassen sich auch in anderen Publikationen noch weitere NWG-Kategorisierungen identifizieren. Ein Beispiel dafür sind die 50 NWG-Typen des BBSR, die als Vergleichswerte für den Energieverbrauch von NWG dienen (BBSR 2021) oder die NWG-Kategorien, die im jährlichen Gebäudereport der dena betrachtet werden (siehe Tabelle 1, Spalte 3) (dena 2023b).

Tabelle 1: Beispielhafte Übersicht bestehender Typisierungsansätze von NWG (Quelle: eigene Darstellung)

Bauwerkzuordnungskatalog (Bauministerkonferenz 2021)	ENOB:dataNWG (IWU 2022a)	Gebäudereport (dena 2023b)
Parlament, Justiz, Verwaltung	Büro-, Verwaltungs-, Amtsgebäude	Büro- und Verwaltungsgebäude
Wissenschaftliche Lehre, Forschung	Forschung und Hochschullehre	Handelsgebäude
Gesundheit	Gesundheit und Pflege	Hotels und Gaststätten
Bildung und Kultur	Schulen, Kitas, Betreuungsgebäude	Anstaltsgebäude
Sport	Kultur und Freizeit	Fabrik- und Werkstattgebäude
Wohnen, Beherbergung, Betreuung	Sportgebäude	Warenlagergebäude
Produktion, Lager, Verkauf usw.	Beherbergung, Verpflegung usw.	Landwirtschaftliche Betriebsgebäude
Technik: Kraftwerke, Müllhäuser usw.	Produktion, Lager, Betriebsgebäude	Nicht landwirtschaftlicher Betrieb
Sonstiges und Ausland	Handelsgebäude	Sonstige NWG
	Technikgebäude	
	Verkehrsgebäude	

⁶ Bei der energetischen Bewertung nach DIN V 18599 können die verschiedenen Zonen innerhalb eines Gebäudes separat betrachtet und ihre spezifischen Energiebedarfe ermittelt werden. Flächen unterschiedlicher Nutzung, technischer Ausstattung oder Versorgung mit Tageslicht sind in Zonen zu unterteilen. Die Zonierung ist in DIN V 18599-1 unter Nr. 6 und im § 21 GEG (bzw. Anlage 2 der Energieeinsparverordnung (EnEV)) beschrieben.

Auswahl der untersuchten NWG-Typen

Aufgrund der eingeschränkten Datenlage lassen sich gesamtwirtschaftliche Einordnungen hinsichtlich der Zahl und des Gesamtenergieverbrauchs der Gebäude nur mit einer geringen Granularität, nämlich nur auf Ebene der NWG-Hauptkategorien, fundiert ausführen. Hierfür wurde also die NWG-Typisierung des IWU angesetzt. Da jedoch diese NWG-Hauptkategorien oftmals Unterkategorien mit erheblichen Abweichungen in der Nutzung und den Energieprofilen enthalten, wurden bei besonders diversen NWG-Hauptkategorien teilweise bis zu 2 Unterkategorien aufgenommen, um eine Bandbreite der Energieprofile je Hauptkategorie abzubilden. Kriterien zur Erkennung der Diversität sind Teilenergiekennwerte (Heizung, Kühlung, Warmwasserbereitung, Lüftung, Beleuchtung, Hilfsenergie sowie Be- und Entfeuchtung), Lastprofile und die Nutzungsdauer des Gebäudes.

Die Auswahl der NWG-Typen beruht auf den BBSR-Vergleichswerten für den Energieverbrauch von NWG, da deren Granularität eine sinnvolle Differenzierung herkömmlicher Gebäude ermöglicht. Dabei wurden die NWG-Typen so ausgewählt, dass sie möglichst unterschiedliche Funktionen abdecken, die mit unterschiedlichen Nutzungsprofilen und Anlagentypen einhergehen und gleichzeitig gesamtwirtschaftlich relevant sind (z. B. hinsichtlich der geschätzten nationalen Zahl, der Höhe der Endenergieverbräuche, der gesellschaftlichen Bedeutungen). Industrielle Produktionsgebäude, Technikgebäude (z. B. Abfall- und Abwasserbehandlung, Kraftwerke, Wasserversorgung, Überwachungsgebäude) und Verkehrsgebäude (z. B. Flughäfen, Bahnhöfe, Fahrzeugpflege, Parkhäuser, Garagen) aus der IWU-Typisierung wurden für diese Untersuchung ausgeschlossen, da sie in ihrer Komplexität und ihren Nutzungen zu heterogen sind, um eine übergeordnete Auswertung auf Basis der zur Verfügung stehenden Datengrundlagen zu ermöglichen (siehe Abschnitt 2.1.3).

Die Merkblätter geben eine kompakte Übersicht der wesentlichen Eigenschaften und typischen Merkmale der identifizierten NWG-Typen. Die ausgefüllten Merkblätter sind im Anhang 1: Merkblätter relevanter NWG-Typen dieses Berichts hinterlegt. Tabelle 2 stellt eine Übersicht der in den Merkblättern relevanten NWG-Hauptkategorien und entsprechenden betrachteten NWG-Typen für die weitere Untersuchung dar.

Tabelle 2: Merkmale betrachteter NWG-Hauptkategorien und der relevanten NWG-Typen (Quelle: eigene Darstellung)

Betrachtete NWG-Hauptkategorien (gemäß IWU-Typologie)	Relevante NWG-Typen für die weitere Betrachtung						
	Zahl (IWU, 2022a)	Gesamte Netto-grundfläche (NGF) (IWU 2022a)	Mittlere NGF (IWU 2022a)	Typischer Energieverbrauch (BBSR 2021)	Gesamter Energieverbrauch (berechnet)		
	Tsd.	Anteil ⁷ %	Mio. m ²	m ²	kWh/m ² a	TWh/a	
Büro-, Verwaltungs-, Amtsgebäude	306,9	15	492,1	1.749,7	84,55	41,6	Verwaltung Gewerbliche Büros
Forschung, Hochschullehre	23,0	1	68,4	3.117,9	103,2	7,1	Hochschule und Forschung
Gebäude für Gesundheit und Pflege	62,8	3	182,5	3.019,6	119,1	21,7	Krankenhäuser Pflegeheime, Kur, Genesung
Schule, Kindertagesstätten, Betreuungsgebäude	153,6	8	271,2	1.797,5	79,6	21,6	Schulen Kindertagesstätten
Gebäude für Kultur und Freizeit	140,7	7	119,8	936,0	82,6	9,9	Museen, Ausstellungsgeb. Theater, Veranstaltungsgeb.
Sportgebäude	78,2	4	108,8	1.515,3	126,2	13,7	Sporthallen Schwimmhallen
Beherbergungs- und Verpflegungsgebäude	269,8	14	196,3	788,4	179,6	35,2	Restaurants, Kantinen Hotels, Pensionen
Produktion, Lager, Betrieb	666,5	34	864,3	1.475,9	64,3	55,6	Kühl Lager
Handelsgebäude	187,1	9	406,6	2.686,0	90,6	36,8	Supermarkt, Kaufhaus

⁷ Prozentualer Anteil je NWG-Typ an der Gesamtzahl der NWG in Deutschland, inklusive Verkehrsgebäude und Technikgebäude.

2.1.3 Nutzbare Gebäudefunktionalitäten zur Flexibilisierung von NWG

Um die NWG-Typen mit den größten Flexibilisierungspotenzialen zu identifizieren, werden in einem ersten Schritt typische technische Funktionalitäten der Anlagentechnik in NWG und ihre Flexibilisierungsoptionen untersucht und dargestellt (siehe Tabelle 3). Darauf aufbauend können anschließend anhand der Literaturrecherche zur typischen Ausstattung und Nutzungen von NWG die Flexibilisierungsmöglichkeiten je NWG-Typ qualitativ eingeschätzt werden (siehe Anhang 1: Merkblätter relevanter NWG-Typen).

Herausarbeitung qualitativer Funktionalitäten

Um anlagentechnische Funktionalitäten zu systematisieren, kann die Systematik des SRI (EU 2020a; EU 2020b) verwendet werden. Der SRI ist ein von der EU eingeführtes Bewertungsinstrument, das die Intelligenzfähigkeit von Gebäuden misst. Das Ziel des SRI besteht darin, die Fähigkeit eines Gebäudes zu bewerten, intelligente Technologien, u. a. iMSys(+), zu integrieren und dadurch gebäudebezogene Effizienz- und Flexibilisierungspotenziale auszuschöpfen. Die Einzelfunktionalitäten werden hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Flexibilisierung bewertet und zu wenigen anschaulichen Anlagenbereichen zusammengefasst. Die resultierende Liste wesentlicher gebäudeseitiger Funktionalitäten hilft, hypothetische technische Systeme zu bewerten, die Flexibilisierungspotenzial versprechen. Die Frage lautet entsprechend, ob bzw. inwiefern das System Funktionalitäten adressiert, die ein nennenswertes Flexibilisierungspotenzial aufweisen.

Basierend auf der SRI-Systematik wird die potenzielle Bedeutung wesentlicher Gebäudefunktionalitäten im Kontext der Flexibilisierung und Energieeffizienz analysiert. Eine vollständige Darstellung findet sich in Anhang 1: Merkblätter relevanter NWG-Typen. Tabelle 3 fasst technische Systeme und Anlagenbereiche zusammen, die wesentlich zum Energieverbrauch und als SteuVE auch dementsprechend zum Flexibilisierungspotenzial eines Gebäudes beitragen.

Konzeptionelle Unterscheidung von Flexibilisierung nach Nutzungsneutralität

Flexibilisierungsoptionen lassen sich konzeptionell in nutzungsneutrale Ansätze und solche mit Nutzungsanpassungen unterscheiden, analog zur Effizienz-Suffizienz-Diskussion bei Energiesparmaßnahmen. Während Flexibilität durch Änderungen des Nutzungsverhaltens (z. B. veränderte Raumtemperaturen oder Prozessparameter) erreicht werden kann, setzen nutzungsneutrale Flexibilisierungsmechanismen voraus, dass die mittleren Energieströme eines Gebäudes unverändert bleiben. Nutzungsneutrale Flexibilisierung ermöglicht somit Lastverschiebungen ohne Komfort- oder Produktivitätseinbußen. Beide Ansätze erfordern gebäudeseitige Flexibilisierungsmöglichkeiten wie die zeitliche Entkopplung der Bedarfsdeckung durch physische Energiespeicher, steuerbare dezentrale Erzeugungsanlagen (Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), Photovoltaik (PV)) mit entsprechenden Speicherkapazitäten oder bivalente Systeme zur alternativen Bereitstellung derselben Nutzenergie aus verschiedenen Energieträgern.

Tabelle 3: Technologische Flexibilisierungsoptionen nach wesentlichen Systemen in NWG⁸ (Quelle: eigene Darstellung)

System	Flexibilisierungsoptionen		
	Bilanzrichtung	Maßnahme	Bedingungen, Hinweise
Elektrische Wärme-/Kälteerzeugung Raumwärme-/kälte (auch für Raumlufttechnik/Klimatisierung), Warmwasseraufbereitung; z. B. Wärmepumpen/Kältemaschinen, Elektrospeicherheizungen oder Power-to-Heat in multivalenten thermischen Speichern	Positiv	Reduzierter Betrieb gegenüber regulärer Nutzung	Der resultierende Fehlbetrag an Wärme/Kälte muss anderweitig gedeckt werden, z. B. • aus einem thermischen Speicher oder • durch Wärmeerzeugung aus anderem Energieträger
	Negativ	Erhöhter Betrieb gegenüber regulärer Nutzung	Der resultierende Überschuss an Wärme/Kälte muss aufgenommen werden, z. B. • durch Beladung eines thermischen Speichers oder • durch Substitution von Wärme-/Kälteerzeugung aus anderen Energieträgern
PV	Positiv	Priorisierung der direkten elektrischen Nutzung oder Einspeisung	Es muss lokaler Strombedarf oder Bedarf für Einspeisung in das Stromnetz bestehen.
	Negativ	Priorisierung der Stromspeicherung oder von Power-to-Heat-Nutzung	Es wird eine Batterie oder ein System zur alternativen Stromnutzung benötigt (thermische Speicherung, thermische Direktnutzung mit Brennstoffsubstitution)
KWK z. B. Blockheizkraftwerk (BHWK)	Positiv	Erhöhter Betrieb gegenüber regulärer Nutzung	Der resultierende Überschuss an Wärme muss aufgenommen werden, z. B. • durch thermische Speicherung oder • durch Substitution von Wärmeerzeugung aus anderen Energieträgern
	Negativ	Reduzierter Betrieb gegenüber regulärer Nutzung	Der resultierende Fehlbetrag an Wärme muss anderweitig gedeckt werden, z. B. • aus einem thermischen Speicher oder • durch Wärme aus einem Alternativ-/Spitzenlast-System
Einkopplung von Elektrofahrzeugen⁹ Batterieelektrisch und Plug-in-Hybrid	Positiv	Ladestopp/Leistungsdrosselung	Es sind ausreichend hohe Anschlussdauern notwendig, da der resultierende Fehlbetrag an Energie zeitversetzt bereitgestellt werden muss.
	Negativ	Priorisierte Ladung/Leistungserhöhung	Es ist entsprechende Ladekapazität (Ladeleistung, Batteriekapazität) notwendig
Elektrische Produktionsmaschinen und Prozesswärme/-kälteerzeugung	Positiv	Reduzierter Betrieb gegenüber regulärer Nutzung	Ausgehend von einem festen Produktions soll muss eine Über-/Unterproduktion durch zeitliche Verschiebung kompensiert werden (ggf. in Kombination mit Lagerhaltung bzw. thermischen Kapazitäten). Die Betriebsweise muss Stillstandszeiten, Drosselungen oder/und die flexible Anordnung von unterschiedlich energieintensiven Prozessen erlauben
	Negativ	Erhöhter Betrieb gegenüber regulärer Nutzung	
Energieintensive Rechentechnik Allerdings: Trend zu zweckbestimmten Rechenzentren	Positiv	Drosselung/Abschaltung	Analog zu Produktionsprozessen sind, ausgehend von einem festen Soll, lediglich zeitliche Verschiebungen möglich. Die Betriebsweise muss daher Stillstandszeiten, Drosselungen oder/und die flexible Anordnung von unterschiedlich energieintensiven Rechenjobs erlauben
	Negativ	Priorisierte Betrieb	
Beleuchtung und sonstige Elektroanwendungen z. B. Büroausstattung	—	Es besteht kein technologisches Flexibilisierungspotenzial über bloße Energiesparmaßnahmen ¹⁰ hinaus, da der Bedarf an Arbeits-, Öffnungs- und Geschäftszeiten gebunden ist. Allgemeine Stromverbraucher sind jedoch als Senke in Kombination mit Batteriespeichern und optimierter Eigenstromnutzung anwendbar (siehe PV).	

⁸ Zusätzlich informativ für Produktionsprozesse.

⁹ Es wird nur die unidirektionale Einbindung von Elektrofahrzeugen betrachtet. Rückspeisungen ins Stromnetz sind aufgrund unzureichender regulatorischer Rahmenbedingungen derzeit gegenwärtig kaum praxisrelevant.

¹⁰ Reine Energieeinsparmaßnahmen können inhärent eine gewisse Netzdienlichkeit aufweisen, wenn damit Lastspitzen in Hochlastphasen gedämpft werden. Sie sind aus Netzperspektive jedoch nicht im Sinne der Flexibilisierung steuerbar.

2.2 Quantifizierung der Flexibilisierungspotenziale für relevante NWG-Typen

Im Rahmen der Quantifizierung werden belastbare Größenordnungen des Flexibilisierungspotenzials für die betrachteten NWG-Typen auf Basis einer Literaturrecherche ermittelt (siehe Abschnitt 2.2.2 und Anhang 2: Berechnung der Flexibilisierungswerte). Obgleich nur wenige Quellen das Flexibilisierungspotenzial von NWG-Typen mit belegbaren Daten verbinden, liefert die Recherche wichtige methodische Grundlagen und Hinweise für die Vorgehensweise einer quantitativen Auswertung von Flexibilisierungspotenzialen von NWG, die auch für weiterführende Untersuchungen herangezogen werden können.

2.2.1 Einordnung zeitlicher Flexibilität

Energieverbrauchende Nutzungsvorgänge (Heizung, Kühlung, Beleuchtung, Büroausstattung u. Ä.) wiederholen sich – auf Basis üblicher Arbeitszeiten – überwiegend im Tagesrhythmus (siehe Abbildung 3). Die Energiemenge, die ein Gebäude über eine Periode von 24 Stunden benötigt, steht damit zumindest näherungsweise fest und die Energiebilanz jedes einzelnen Gebäudes für sich muss am Ende dieser 24-Stunden-Periode weitgehend ausgeglichen sein. Unter dieser Prämisse können einzelne Flexibilisierungsvorgänge auf Gebäudeseite in aller Regel nur über Zeitfenster von wenigen Stunden wirken – allerdings sind durch die gezielte Kombination von zeitversetzten Flexibilisierungen über mehrere Gebäude auch längere Wirkungsdauern denkbar.

In der Literatur werden solche Zusammenhänge für Gebäude – verstanden als bedingte SteuVE innerhalb eines Stromnetzes – teils durch sogenannte Energietrendbänder beschrieben. Diese zeigen den Energiebedarf eines Gebäudes als zulässiges Toleranzband über Zeit. So muss dem Gebäude innerhalb eines definierten Zeitraums eine bestimmte Menge Energie (100 %) bereitgestellt werden. Durch Nutzung aller Flexibilisierungsoptionen des Gebäudes kann der Pfad von 0 bis 100 Prozent innerhalb der dargestellten Grenzen zum Minimum und Maximum beliebig verlaufen.

Eine der gesichteten Quellen (Projekt SERVING (Technische Universität Dresden et al., 2020)) beschreibt die Möglichkeit, bei Vorliegen der Energietrendbänder aller steuerbaren Verbrauchsstellen eines Stromnetzes durch numerische Verfahren eine netzoptimierte Lösung zur Versorgung aller Gebäude (innerhalb ihres jeweiligen Trendbands) zu ermitteln.

Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.

Abbildung 3: Beispielhaftes Energietrendband (Quelle: eigene Darstellung)

2.2.2 Literaturrecherche für die Quantifizierung der Flexibilisierungspotenziale

Allgemeine Erkenntnisse

Bei der Literaturrecherche für die Quantifizierung der Flexibilisierungspotenziale in NWG sind relevante gesichtete Quellen in der unten stehenden

Tabelle 4 dargestellt.

Im Überblick der gesichteten Quellen lässt sich Folgendes zusammenfassen: Die Flexibilisierung des gebäudeseitigen Energieverbrauchs ist seit mehreren Jahrzehnten ein Thema der Energiewendediskussion und wird in einer Vielzahl von Veröffentlichungen behandelt. Anders als vergleichbare Arbeiten zur Energieeffizienz konzentrieren sich die gesichteten Veröffentlichungen zur Flexibilisierung nur in Einzelfällen auf spezifische Gebäudetypen. Überwiegend erfolgen Betrachtungen deutlich größer aggregiert oder mit Bezug auf andere Anwendungsfelder (z. B. Sektoren oder Querschnittstechnologien).¹¹ Veröffentlichte Arbeiten verfolgen oft dieselbe Absicht (konzeptionelle Empfehlungen und Argumente zur regulatorischen Begünstigung von Flexibilisierungsmaßnahmen), unterscheiden sich allerdings oft deutlich hinsichtlich ihrer Methodiken, der zugrunde gelegten und/oder ermittelten Parameter und ihrer Ergebnisgranularität bzw. -aggregation.

Es ist zu vermuten, dass die allgemein ausbaufähige Datenlage sowie insbesondere die fehlende Verknüpfung quantitativer Daten mit NWG-Typen mindestens teilweise den gegenwärtigen gebäudeenergiesparrechtlichen Randbedingungen geschuldet sind. So berücksichtigt das energiesparrechtliche Regelwerk (Energieeinsparverordnung (EnEV), GEG) seit jeher fast ausschließlich lokale Effizienzparameter von Gebäuden. Zwar wird mit dem maßgeblichen Bewertungskriterium *Primärenergiebedarf* eine gesamtenergetische Bewertung unter Berücksichtigung der THG-Emissionen vorgenommen – allerdings auf Basis jahreskonstanter Primärenergiefaktoren ohne Unterscheidung nach potenziellen Flexibilisierungsoptionen. Somit gibt es hinsichtlich des Hauptbewertungskriteriums *Primärenergiebedarf* keinen nennenswerten Anreiz zur Flexibilisierung. Da das energiesparrechtliche Regelwerk faktisch auch festlegt, was die referenzierten Berechnungsnormen (gegenwärtig DIN V 18599) abbilden müssen, wird darin die Flexibilisierung bisher nicht nennenswert berücksichtigt.¹² Durch die fehlende Auseinandersetzung mit dem Thema Flexibilisierung auf energiesparrechtlicher Ebene sowie in den referenzierten Berechnungsregeln bleiben Lehr- und Lerneffekte aus.

Grundsätzlich sind die zugrunde liegenden energetischen Zusammenhänge komplex, ohne dass hierfür etablierte und verbreitete Berechnungslösungen vorliegen. Eine belastbare Quantifizierung von Flexibilisierungspotenzialen ist demnach auf quantitative Literaturwerte angewiesen. Diese sind allerdings nur eingeschränkt verfügbar und kaum vergleichbar (siehe Tabelle 4).

¹¹ Die bestehenden Schwierigkeiten werden bereits in der Doktorarbeit *Analyse von Demand Side Integration [..]* von Martin Steuer aus dem Jahr 2017 beschrieben. Der Autor geht u. a. auf die schiere Zahl an Veröffentlichungen ein, wertet eine exemplarische Auswahl an Quellen aus und beschreibt grundlegende Probleme des derzeitigen Wissensstandes, die sinngemäß auch heute noch bestehen.

¹² Als eine Ausnahme kann die stark vereinfachte Berücksichtigung von Smart-Grid-Ready-Steueroptionen im Rahmen der Verrechnung von PV-Erträgen und Elektroenergiebedarfen in DIN V 18599-9 verstanden werden.

Tabelle 4: Übersicht gesichteter Quellen für die Quantifizierung der Flexibilisierungspotenziale in NWG (Quelle: eigene Darstellung)

Autorinnen u. Autoren (Jahr)	Titel	Relevante Kernerkenntnisse	Einschränkungen
Thomsen, Jessica at al. (2022)	FlexGeber – Demonstration von Flexibilitätsoptionen im Gebäudesektor und deren Interaktion mit dem Energiesystem Deutschlands. Abschlussbericht für das BMWK. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, ENIT Energy IT Systems GmbH, Institut für Klimaschutz, Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Taifun-Tofu GmbH, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH, Freiburg im Breisgau.	Jährliche Flexibilisierungspotenziale für 2015 und 2045 nach Gebäudetypen und Technologien (Wärmepumpen, Blockheizkraftwerke (BHKW), Kälteerzeugung); Gesamtpotenzial steigt von 6,2 GWh/a (2015) auf 11,7 GWh/a (2045); Verwendung derselben Gebäudekategorien wie das IWU (2022a)	Nur Wärme-/Kältebereitstellung; keine Elektrofahrzeuge oder Anwendungsstrom; nur Jahresenergiemengen ohne zeitliche Auflösung oder Regelleistungspotenziale; nur Hauptgebäudekategorien; keine Warmwasseraufbereitung
Steurer, Martin (2017)	Analyse von Demand Side Integration im Hinblick auf eine effiziente und umweltfreundliche Energieversorgung. Dissertation. Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Forschungsbericht 130.	Soziotechnische Flexibilisierungspotenziale als Schalteinstellungen für verschiedene Aktivierungsdauern (1h, 4h); Regionale Verteilung nach Bundesländern; Kostenaufwände für Erreichung von Flexibilisierungsmaßnahmen; kritische Analyse bisheriger Veröffentlichungen	Aggregierung nach Anwendungsbereichen nicht gebäudefokussiert; mangelnde Vergleichbarkeit verschiedener Studien; methodische Intransparenzen; Detaillierung passt nicht zur Gebäudebetrachtung der vorliegenden Untersuchung
Wolter, Martin et al. (2023)	Flexibilisierung des Energiesystems. VDE Studie 10/2023, VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V., Offenbach.	Power-to-Heat-Potenziale von Wärmepumpen (360 MW bis 1.800 MW für 2020–2030); Monodirektionale Elektrofahrzeug-Ladung (bis 78 GW theoretisch für 15 Mio. Elektrofahrzeuge 2030); Lastverschiebung in Kühlhäusern (200 MW, 0,8 GWh)	Keine Differenzierung positive/negative Potenziale; theoretische Maximalwerte ohne Praxiseinschränkungen (Netzauslastung, nichtlineares Ladeverhalten); Gebäudeumfang nicht spezifiziert
Hadlak, Mattias et al. (2022)	Flexess – Entwicklung von Strategien und Lösungen zur Ausschöpfung zukünftiger Flexibilitätspotenziale vollelektrischer Haushalte, Gewerbe, Industrien und Elektromobilität. AP 1.2 Identifikation von Flexibilitätspotentialen - heute und zukünftig. Abschlussbericht für das BMWE. TU Braunschweig.	Technische Flexibilisierungspotenziale im Bereich Gewerbe, Handel und Dienstleistungen: 4 TWh/a, praktische: 1 TWh/a; Bedeutung von Kältetechnik, Ventilation, Klimatisierung; E-Mobilität: 7,9 GWh/a Energiepotenzial, 5 GW Leistungspotenzial (2019); Fokus auf Bürogebäude, Handel, Beherbergung	Keine Unterscheidung positive/negative Potenziale; Begrenzte Vergleichbarkeit mit FlexGebER; nur theoretische E-Mobilitätspotenziale für 2019; Größenordnung der Potenziale stimmt grob, Details kaum vergleichbar
Seifert, Joachim; Schegner, Peter (2023)	Zellulare Energiesysteme. Grundlagen, Teilsysteme, Märkte, Rahmenbedingungen. VDE VERLAG GmbH.	Thermodynamische und technische Grundlagen zellulärer Energiesysteme; Bedeutung dezentraler Einheiten (Zellen) für flexible Netze; netzebenenspezifische Flexibilisierungsansätze; Markt- und Rahmenbedingungen	Primär konzeptionell, wenig quantitative Daten; Fokus auf Grundlagen und Strukturen
Kreutziger, Marcus et al. (2020)	SERVING – Service-Plattform-Verteilnetz zum integralen Lastmanagement. Abschlussbericht für das BMWE. TU Dresden, Hochschule Zittau/Görlitz, ENSO Netz GmbH, DREWAG Netz GmbH, ENSO AG.	Entwicklung von Strukturen und Methoden für steuerbare Verbraucher; gemeinsame Plattform als Informationsinfrastruktur; Algorithmen für optimale Lastallokation	Fokus auf Methoden und Strukturen; wenig quantitative Potenzialangaben; Entwicklung von Algorithmen und Plattformen im Vordergrund
BINE-Informationsdienst / FIZ Karlsruhe GmbH (2018)	Energieforschung kompakt Themeninfo I/2018: Netzdienliche Gebäude und Quartiere.	Indikatoren für Stromverfügbarkeit und Netzdienlichkeit; Bedeutung von Speicherkapazitäten; netzdienlicher Betrieb kann Primärenergiebedarf reduzieren trotz lokalem Mehrbedarf; Erkenntnisse aus Forschungsverbund „Netzreaktive Gebäude“	Beispielhafte Berechnungen, keine systematische Quantifizierung; Fokus auf Konzepte und Indikatoren; Zusammenfassung von Forschungsergebnissen ohne eigene Quantifizierung

Autorinnen u. Autoren (Jahr)	Titel	Relevante Kernerkenntnisse	Einschränkungen
Paul, Elena (2020)	Batteriespeicher in Nichtwohngebäuden. Untersuchung zum Einsatz zur Lastspitzenkappung und Steigerung der Netzdienlichkeit. Dissertation. Fakultät für Architektur und Landwirtschaft der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover.	Netzdienliche Integration von Batteriespeichern in NWG am Beispiel von 10 Hotels; Konzept für netzdienliche Betriebsführung (Dimensionierung, Ladesteuerung); Fokus auf Lastspitzenkappung	Begrenzt auf 10 Hotelgebäude; Fokus auf Batteriespeicher, nicht umfassende Gebäudeflexibilität; spezifischer Anwendungsfall
Consentec GmbH, Fraunhofer ISI, IEG, Stiftung Umweltenergierecht (2022)	Batteriespeicher in Netzen. Abschlussbericht für BMWK.	Wirkung stationärer Batterien und Elektrofahrzeuge in verschiedenen Szenarien; Prognose 2035: Elektrofahrzeuge 710–952 GWh, PV-Batteriespeicher 6–122 GWh Gesamtspeicherkapazität; Basis- und Maximalszenario	Fokus auf Batteriespeicher; Prognosen für 2035 mit Unsicherheiten; keine gebäudespezifische Differenzierung; szenarioabhängige Ergebnisse
Gotzens, Fabian (2020)	DemandRegio: Harmonisierung und Entwicklung von Verfahren zur regionalen und zeitlichen Auflösung von Energienachfragen. Abschlussbericht. Forschungszentrum Jülich GmbH, Technische Universität Berlin, Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE).	Werkzeuge für räumlich und zeitlich aufgelöste Energienachfragemodellierung; Grundlagen für Lastgangdaten und Flexibilisierungsbetrachtungen; Harmonisierung regionaler Verfahren	Methodenfokus; keine direkten Flexibilisierungspotenziale quantifiziert; Werkzeugentwicklung im Vordergrund; Harmonisierung bestehender Verfahren

FlexGeber-Studie (Fraunhofer ISE, 2022)

Die einzige aktuelle, umfassende und nach NWG-Typ differenzierte Datengrundlage ist die **Studie FlexGeber des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme** (Thomsen, Jessica et al. 2022). Sie analysiert das Flexibilisierungspotenzial im deutschen NWG-Sektor und hebt dabei insbesondere die Möglichkeiten zur flexiblen Bereitstellung von Wärme und Kälte hervor. Anhand der etablierten NWG-Typisierung der IWU ENOB:dataNWG ermittelt die Studie für die Jahre 2015 und 2045, wie groß die Flexibilisierungspotenziale durch wärme-/kälteorientierte Maßnahmen – also durch die Steuerung von Wärmepumpen, Blockheizkraftwerken (BHKW), Kälteanlagen – technisch ausfallen könnten.

Die Studie ist im Rahmen der vorliegenden Untersuchung besonders interessant, da sie mit Wärme und Kälte einen wesentlichen Anteil des Gebäudeenergiebedarfs (mit Flexibilisierungspotenzial) abdeckt und dieselben Gebäudehauptkategorien (IWU 2021; IWU 2022b) zugrunde legt wie die vorliegende Untersuchung. Im Sinne der Systematik nach

Abbildung 2 werden die ausgewiesenen Kennwerte als *technische Flexibilisierungspotenziale* verstanden.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich das technische Flexibilisierungspotenzial im betrachteten Zeitraum signifikant steigern lässt: Während 2015 das aggregierte positive Flexibilisierungspotenzial bei etwa 1.727 GWh pro Jahr lag, steigt es bis 2045 auf rund 8.738 GWh pro Jahr an. Jedoch werden in dieser Studie weder die Flexibilisierungspotenziale durch Stromspeicher noch durch Nutzungsanpassungen untersucht.

Die berechneten Flexibilisierungspotenziale (siehe Tabelle 5) sind aus energetischer Sicht grundsätzlich ein relevanter Indikator für das Marktpotenzial von EMS-Lösungen in Verbindung mit iMSys(+). Jedoch weisen die Betrachtungen der Studie *FlexGebER* auch Einschränkungen auf:

- **Ergebnisumfang:** Die Ergebnisse beschränken sich auf die Wärme-/Kältebereitstellung in Gebäuden. Die Einbindung von Elektrofahrzeugen als steuerbare Verbraucher (optimiertes monodirektionales Laden)

und perspektivisch auch als entladbare Speicher (bidirektionales Laden) wird nicht berücksichtigt. Zudem werden Anwendungsstrombedarfe (Geräte und Einrichtungen außerhalb von Wärme-/Kälteerzeugung, etwa Büroausstattung usw.) nicht berücksichtigt. Auch die Warmwasseraufbereitung, welche mit zentraler Speicherung zum wärmeseitigen Flexibilisierungspotenzial beitragen kann, wird nicht einbezogen.

- **Datenauflösung:** Die Flexibilisierungspotenziale werden lediglich als aufsummierte Jahresenergiemengen ausgewiesen. Sie sind damit ein guter Indikator der Bedeutung eines Gebäudesegments in einer ganzheitlichen Beurteilung von Flexibilisierungspotenzialen (z. B. gesamtwirtschaftliche Perspektive). Jedoch werden zu diesen Gesamtergebnissen keine einhergehenden Regelleistungspotenziale oder zeitliche Einordnungen angegeben, was weitere technische Differenzierungen einschränkt.
- **Gebäudekategorisierung:** Die Ergebnisse sind auf Ebene der NWG-Hauptkategorien (gemäß IWU, 2021) und erlauben keine Differenzierung nach NWG-Typen (i.e. NWG-Unterkategorien).

Tabelle 5: Aggregierte Flexibilisierungspotenziale in 2015 und 2045 nach Gebäudetyp und Technologie (Quelle: Thomsen, Jessica et al. 2022)

Flexibilisierungs- potenzial [GWh/a]	Negatives Flexibilisierungspotenzial						Positives Flexibilisierungspotenzial					
	2015			2045			2015			2045		
	WP-H	BHKW	Kälte	WP-H	BHKW	Kälte	WP-H	BHKW	Kälte	WP-H	BHKW	Kälte
Verwaltung	126,0	113,8	27,6	1.079,8	33,1	276,7	23,1	662,3	5,2	140,1	240,9	95,5
Lehre	25,0	18,1	2,6	246,3	7,2	8,5	3,5	133,7	0,2	28,1	55,9	0,8
Gesundheit	50,7	41,4	8,6	331,2	7,3	77,6	7,8	269,9	1,0	38,5	52,1	10,7
Bildung	102,1	77,6	8,8	937,5	20,9	31,2	14,9	524,5	1,0	108,4	147,4	4,1
Kultur	52,9	51,9	3,1	462,6	16,0	120,3	10,6	272,0	0,4	72,7	95,1	32,4
Sport	40,1	35,3	11,5	466,2	15,8	26,6	7,0	214,1	1,4	70,3	99,6	3,1
Beherbergung	85,1	94,6	8,0	806,9	30,0	48,7	20,1	444,1	1,0	134,5	180,4	5,9
Betrieb	293,4	279,0	0,7	2.951,1	93,8	11,5	54,7	1.561,1	0,0	410,6	637,1	2,3
Handel	31,7	14,3	92,7	152,7	2,5	314,9	3,1	173,3	22,9	11,0	39,6	121,9
Technik	3,3	2,0	13,1	16,7	0,4	71,4	0,4	17,3	9,2	1,7	4,1	90,0
Verkehr	4,9	6,4	0,8	51,6	2,7	18,4	1,2	26,7	0,1	11,4	11,9	3,3

2.2.3 Quantitative Einordnung der Flexibilisierungspotenziale je NWG-Typ

Die quantitative Einordnung der Flexibilisierungspotenziale basiert demnach im Wesentlichen auf dem Datenbestand der FlexGeber-Studie. Dementsprechend wurde die Quantifizierung in 2 Maßnahmenkategorien unterschieden: einerseits Flexibilisierungspotenziale durch wärme-/kälteorientierte Maßnahmen (z. B. Flexibilisierung von Wärmepumpen, BHKW, Kälteanlagen, thermische Speicher) und anderseits Flexibilisierungspotenziale durch elektrochemische Speicher (z. B. Batterien und Ladestationen für Elektrofahrzeuge).

Flexibilisierungspotenziale durch wärme-/kälteorientierte Maßnahmen

Die detaillierteste Quelle zur Ermittlung der Flexibilisierungspotenziale durch wärme-/kälteorientierte Maßnahmen ist die FlexGeber-Studie. Auf dieser Basis werden Flexibilisierungspotenziale für die hier betrachteten NWG-Typen (siehe Tabelle 2) gemäß den folgenden Kennwerten ermittelt:

- **Summierter Jahreswert in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a):** Der Kennwert zeigt an, wie sehr die betrachteten NWG-Typen (verstanden als Gesamtgruppe von Gebäuden) zur Flexibilisierung des deutschen Gesamtstromverbrauchs durch wärme-/kälteorientierte Maßnahmen insgesamt beitragen können. Dies ist ein geeigneter Indikator aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive.
- **Flächenspezifischer Jahreswert in Wattstunden pro Quadratmeter NGF und Jahr (Wh/m²/a):** Der Kennwert zeigt an, wie sehr sich Maßnahmen zur Flexibilisierung des Stromverbrauchs durch wärme-/kälteorientierte Maßnahmen im Vergleich zu den hier betrachteten NWG-Typen flächenspezifisch unterscheiden. Dieser flächenspezifische Indikator kann beispielsweise im Rahmen von Abwägungen über ein Portfolio unterschiedlicher NWG-Typen interessant sein, um Flexibilisierungsmaßnahmen zwischen verschiedenen NWG-Typen zu vergleichen.
- **Gebäudespezifischer Jahreswert in Kilowattstunden pro Gebäude und Jahr (kWh/a):** Der Kennwert zeigt an, wie sehr sich Maßnahmen zur Flexibilisierung des Stromverbrauchs durch wärme-/kälteorientierte Maßnahmen im Vergleich der hier betrachteten NWG-Typen je Gebäude auswirken. Analog zur flächenspezifischen Betrachtung zuvor kann dieser Kennwert beispielsweise im Rahmen von Abwägungen über ein Portfolio unterschiedlicher NWG interessant sein, wobei der Fokus nun auf dem Vergleich mittlerer Gebäudeflächen je-NWG-Typ liegt.

Die zugrunde gelegten Berechnungsansätze und Randbedingungen sowie die einhergehenden Unsicherheiten sind in Anhang 2: Berechnung der Flexibilisierungs beschrieben. Die o. g. Ergebniskennwerte sind in Anhang 3: Detailergebnisse zur Berechnung der Flexibilisierungskennwerte dargestellt.

Tabelle 6 fasst die resultierenden NWG-Typ-Ranglisten zusammen. Die Darstellung zeigt die Bedeutung der betrachteten NWG-Typen im Vergleich untereinander – einmal für eine gesamtwirtschaftlich relevante Gesamtbetrachtung sowie jeweils einmal für eine flächen- und gebäudespezifische Betrachtung.

Tabelle 6: Flexibilisierungspotenzial durch wärme- und kälteorientierte Maßnahmen nach NWG-Typ (Quelle: eigene Darstellung)

	Gebäudegewichtung nach Flexibilisierungspotenzial durch wärme-/kälteorientierte Maßnahmen				
	Gesamtes Gebäudesegment [GWh/a]		Flächen spezifisch [Wh/m²a]		Gebäudespezifisch [kWh/a/NWG]
	z. B. gesamtwirtschaftliche Betrachtung		z. B. betriebswirtschaftliche Erwägungen zu Portfolios mit unterschiedlichen NWG-Typen		
1	Gewerbliche Bürogebäude	1.704	Verpflegung	11.252	Forschung und Hochschullehre
2	Schule	1.243	Theater und Veranstaltung	10.021	Krankenhaus
3	Verpflegung	1.149	Museum und Ausstellung	9.843	Pflegeheim
4	Verwaltung, Amt	888	Schwimmhalle	9.174	Kita
5	Kaufhaus, Einkaufszentrum	861	Sporthalle	9.043	Schule
6	Hotel, Pension	716	Forschung und Hochschullehre	7.748	Schwimmhalle
7	Kita	707	Hotel, Pension	7.691	Sporthalle
8	Sporthalle	676	Kita	7.302	Gewerbliche Bürogebäude
9	Forschung und Hochschullehre	530	Schule	7.287	Verwaltung, Amt
10	Pflegeheim	397	Gewerbliche Bürogebäude	5.907	Theater und Veranstaltung
11	Krankenhaus	299	Verwaltung, Amt	5.570	Museum und Ausstellung
12	Museum und Ausstellung	197	Krankenhaus	5.267	Verpflegung
13	Schwimmhalle	134	Pflegeheim	4.561	Hotel, Pension
14	Theater und Veranstaltung	99	Kaufhaus, Einkaufszentrum	2.412	Kaufhaus, Einkaufszentrum

Je nachdem welche Bezugsgrößen (Gesamtsegment, NGF, NWG-Einzelgebäude) zugrunde gelegt wird, führt dies zu unterschiedlichen Rangfolgen, d. h. zu unterschiedlichen Bedeutungen der NWG-Typen hinsichtlich Flexibilisierungspotenzialen. Dies verdeutlicht, dass unterschiedliche Akteurinnen und Akteure zu unterschiedlichen Bewertungen der Bedeutung von NWG-Typen im Kontext der Flexibilisierung kommen können.

Flexibilisierungspotenziale durch elektrochemische Speicher

Als Batteriespeicher in Gebäuden kommen stationäre Batterien (oft in Kombination mit PV-Anlagen) und angeschlossene Elektrofahrzeuge¹³ infrage. Eine spezifische Zuordnung zu den hier betrachteten NWG-Typen ist im Rahmen dieser Studie nicht ohne Weiteres möglich, da keine aktuellen Daten vorliegen, welche eine belastbare Verknüpfung mit bzw. Umlegung auf die hier betrachteten NWG-Typen erlaubt.

2.3 Auswahl zu priorisierender NWG-Typen für die weiteren Untersuchungen

Anhand der Untersuchungen typischer Merkmale unterschiedlicher NWG-Typen und der Abschätzung theoretischer Flexibilisierungsoptionen können Hypothesen formuliert werden, in welchen NWG-Typen sich die größten realen Potenziale für den Einsatz von EMS mit iMSys(+) verbergen. Diese NWG-Typen werden für die nachfolgenden empirischen Untersuchungsschritte durch Interviews und Befragungen priorisiert, um diese theoretischen Annahmen zu bestätigen oder zu widerlegen. Somit wird eine belegbare NWG-spezifische Wissensgrundlage für Marktakteurinnen und -akteure geschaffen.

¹³ Gegenwärtig können angeschlossene Elektrofahrzeuge überwiegend nur als steuerbare Lasten wirksam werden (monodirektionales Laden). Mittelfristig ist auch die Einbindung mit potenzieller Rückspeisung denkbar.

2.3.1 Auswahlkriterien

Es werden 5 zu priorisierende NWG-Typen identifiziert, die ein besonders hohes theoretisches Potenzial für den Einsatz von EMS mit iMSys(+) aufweisen. Für diese Auswahl wurden verschiedene Kriterien herangezogen, die sich 3 Kategorien zuordnen lassen: 1.) Bedeutung der Gebäude für die Energiewende, 2.) Flexibilisierungspotenziale sowie 3.) wichtige nichtenergiebezogene Einflussfaktoren. Im Folgenden werden die Auswahlkriterien zur Priorisierung und ihre jeweiligen Ausprägungen gemäß den 3 Kategorien detailliert dargestellt.

Kategorie 1: Bedeutung für die nationale Energiewende

- Die **Zahl der Gebäude** im nationalen Bestand ist ein entscheidender Faktor für die Skalierbarkeit der Lösungsansätze. Bei einer geschätzten Zahl von über 100.000 Gebäuden je NWG-Typ wird eine hohe Relevanz für die nationale Energiewende angenommen. Dabei wird unterstellt, dass sich unter den Gebäuden eines NWG-Typs die technischen Ausstattungen und Nutzungsprofile ähneln und somit Lösungsansätze einfacher skaliert werden können. Bei einer Zahl zwischen 50.000 und 100.000 Gebäuden ist die Bedeutung mittelhoch, während unter 50.000 Gebäuden eine geringe Relevanz besteht.
→ Datenquelle: IWU (2022a)
- Die **Gebäudegröße**, gemessen an der ermittelten durchschnittlichen NGF je Gebäudetyp, spielt ebenfalls eine wesentliche Rolle. Gebäude mit einer NGF von über 2.000 m² weisen hohe Betriebskosten und ein großes Marktpotenzial für Technologieanbieterunternehmen auf. Bei einer Größe zwischen 1.000 und 2.000 m² ist die Relevanz mittel, während Gebäude mit weniger als 1.000 m² NGF als gering eingestuft werden.
→ Datenquelle: IWU (2022a)
- Die **Energieintensität der Gebäude**, die den flächenbezogenen Endenergieverbrauch beschreibt, ist ein weiteres wichtiges Kriterium. Gebäude mit einem Verbrauch von über 120 kWh/m²a haben hohe Energiekosten, was das Interesse an Kosteneinsparungen erhöht. Ein Verbrauch zwischen 90 und 120 kWh/m²a wird als mittel eingestuft, während unter 90 kWh/m²a eine geringe Energieintensität vorliegt.
→ Datenquelle: eigene Berechnung basierend auf IWU (2022a) und BBSR (2021)

Kategorie 2: Flexibilisierungspotenziale

- Die **technischen Flexibilisierungsmöglichkeiten** sind entscheidend für die Anpassungsfähigkeit der Gebäude. Wenn viele flexible Anlagen wie Speicher, Ladestellen, BHKW, PV-Anlagen und Wärmepumpen vorhanden sind, wird dies als hoch eingestuft. Bei teilweiser Ausstattung ist die Bewertung mittel, während eine geringe Anzahl flexibler Anlagen als niedrig gilt.
→ Datenquelle: eigene Bewertung basierend auf Ergebnissen der Literaturrecherche je NWG-Typ (siehe Anhang 1: Merkblätter relevanter NWG-Typen)
- Die **Möglichkeit flexibler Nutzung** bezieht sich darauf, inwiefern typische Energienutzungen zeitlich verschoben werden können. Eine hohe Flexibilität zur zeitlichen Verschiebung in den Nutzungszeiten wird als hoch bewertet, während mittlere und geringe Flexibilitäten während der Nutzungszeiten als mittel und niedrig bewertet werden.
→ Datenquelle: eigene Bewertung basierend auf Ergebnissen der Literaturrecherche je NWG-Typ (siehe Anhang 1: Merkblätter relevanter NWG-Typen)

- Das **ermittelte flächenbezogene Flexibilisierungspotenzial** gemäß der quantitativen Sekundär-analyse aus Abschnitt 2.2 wird ebenfalls beachtet. Für die qualitative Einordnung wurden Intervalle gebildet. Ein Flexibilisierungspotenzial über $8 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ wird als hoch eingestuft. Ein Flexibilisie-rungspotenzial zwischen 4 und $8 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ gilt als mittel. Unter $4 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ wird das Flexibilisie-rungspotenzial als gering eingestuft. Aufgrund der begrenzten Belegbarkeit sind diese Kennzahlen als qualitative Einschätzung der Größenordnungen zu betrachten.
→ Datenquelle: Berechnungsergebnisse aus Abschnitt 2.2.

Kategorie 3: nichtenergiebezogene Einflussfaktoren

- Der **Stand der GLT** ist ein weiterer wichtiger Aspekt, der Aufschluss über die Automation gibt. Wenn die Mehrzahl der Gebäude dieses NWG-Typs bereits über eine Automation verfügt, wird dies als hoch bewertet. Eine teilweise Ausstattung wird als mittel eingestuft, während typischerweise wenig Auto-matisierung als niedrig gilt.
→ Datenquelle: eigene Bewertung basierend auf Ergebnissen der Literaturrecherche je NWG-Typ (siehe Anhang 1: Merkblätter relevanter NWG-Typen)
- Die **Kostenbeteiligung der Nutzerinnen und Nutzer** ist entscheidend für das Interesse an einer Senkung der Energiekosten. Wenn Nutzerinnen und Nutzer i. d. R. die Energiekosten tragen, wird die Kostenbeteiligung als hoch eingestuft. Wenn in einem NWG-Typ Nutzerinnen und Nutzer teilweise die Energiekosten tragen, wird eine mittlere Bewertung gegeben, während eine Situation, in der die Nutzerinnen und Nutzer i. d. R. nicht für die Energiekosten verantwortlich sind, als niedrig gilt.
→ Datenquelle: eigene Bewertung basierend auf Ergebnissen der Literaturrecherche je NWG-Typ (siehe Anhang 1: Merkblätter relevanter NWG-Typen)
- Die **Akzeptabilität für die Nutzung** wurde ebenfalls betrachtet. Wenn die Umsetzung von Flexibili-sierungsmaßnahmen nur geringe Auswirkungen auf den Nutzungskomfort hat, wird dies als hoch bewertet. Eine teilweise Reduzierung des Nutzungskomforts wird als mittel eingestuft, während große Einschränkungen oder Sicherheitsrisiken für den Betrieb als niedrig gelten.
→ Datenquelle: eigene Bewertung basierend auf Ergebnissen der Literaturrecherche je NWG-Typ (siehe Anhang 1: Merkblätter relevanter NWG-Typen)

2.3.2 Priorisierte NWG-Typen

Die Einordnung der NWG-Typen erfolgt auf Basis der Ergebnisse der NWG-Merkblätter (siehe Abschnitt 2.1), der quantitativen Einschätzung der Flexibilisierungspotenziale (siehe Abschnitt 2.2) und der ersten Recherchen zu eingrenzenden Faktoren (siehe Abschnitt 2.4). Tabelle 7 stellt diese Auswertungen übersichtlich zu-sammen.

Die Auswahlmatrix (siehe Tabelle 7) ergibt eine Rangliste zu priorisierender NWG-Typen. Für die weitere Un-tersuchung wurden die 5 folgenden NWG-Typen dementsprechend ausgewählt:

- Kaufhaus, Supermärkte, Einkaufszentren
- Hallenbäder,
- Gewerbliche Büros
- Hotels, Pensionen
- Schulen

Krankenhäuser erreichen gemäß der Auswahlmatrix dieselbe Bewertung wie Hotels. Sie wurden jedoch aus der endgültigen Auswahl genommen, da sie als kritische Infrastrukturen mit wenig Flexibilität in der Nutzung, hohen Sicherheitsvorkehrungen und einem sehr hohen Komplexitätsgrad verbunden sind, die das realisierbare Potenzial stark einschränken (siehe hierzu Ergebnisse aus den Interviews in Abschnitt 3.2). Auch NWG für Forschung und Hochschullehre erreichen gemäß Auswahlmatrix dieselbe Bewertung wie Schulen. Sie wurden jedoch auch aus der endgültigen Auswahl genommen, da sie im nationalen Gebäudebestand deutlich seltener vertreten sind als Schulen und dieser NWG-Typ eine hohe Heterogenität der Nutzungen und Gebäudefunktionen aufweist, die es erschwert, allgemeine Aussagen zu diesen Gebäuden zu treffen (IWU 2022b).

Tabelle 7: Auswahlmatrix zu priorisierender NWG-Typen. (Ausprägungen je Kriterium: 2 = hoch, 1 = mittel, 0 = niedrig)
(Quelle: eigene Darstellung)

Auswahlkriterien		NWG-Typen													
		Verwaltung, Amt	Gewerbliche Büros	Forschung, Hochschule	Krankenhaus	Pflegeheim	Schule	Kita	Veranstaltung	Ausstellung	Sporthalle	Hallenbad	Restaurant, Kantine	Hotel, Pension	Kaufhaus, Supermarkt
Bedeutung für die nationale Energiewende															
Zahl der Gebäude im nationalen Bestand	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	1	2
Gebäudegröße	1	1	2	2	1	1	0	0	0	1	1	0	1	2	
Energieintensität der Gebäude	0	1	1	2	1	1	0	1	1	1	2	2	2	2	
Flexibilisierungspotenziale															
Technische Flexibilisierungsmöglichkeiten	0	1	1	2	1	1	0	0	1	0	2	0	1	2	
Möglichkeit flexibler Nutzung	1	1	1	0	0	1	1	2	0	2	2	0	0	1	
Flächenbezogene Flexibilisierungspotenzial	0	0	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	
Nichtenergiebezogene Einflussfaktoren															
Stand der Gebäudeleittechnik	0	1	1	2	1	0	0	0	1	0	2	0	1	2	
Kostenbeteiligung der Nutzerinnen und Nutzer	0	2	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	2	1	
Akzeptabilität für die Nutzung	1	2	1	0	0	2	2	2	1	2	1	1	0	1	
Summe der Bewertung	4	11	9	10	6	9	5	8	7	8	13	8	10	13	

2.4 Hemmende Faktoren des realisierbaren Flexibilisierungspotenzials

2.4.1 Literaturrecherche zu Hemmnissen bei Optimierungsmaßnahmen

Es besteht eine umfassende Literatur zur empirischen Analyse von Hemmnissen für die Umsetzung von Effizienzmaßnahmen. Sorrell et al. (2000) entwickelten erstmals eine umfassende Taxonomie, die 3 übergeordnete Kategorien an Faktoren im Sinne von Hemmnissen zur Umsetzung von Effizienzmaßnahmen unterscheidet. Weitere Studien, z. B. Trianni und Cagno (2012) sowie Nehler et al. (2018) nutzen diese Taxonomie als theoretische Grundlage:

- **Wirtschaftliche Hemmnisse:** Dazu gehören Rentabilität und versteckte Kosten, die je nach Effizienzmaßnahme unterschiedlich ausgeprägt sein können. Mangelndes Kapital sowie die Zurückhaltung, in

neue und ggf. risikobehaftete Maßnahmen zu investieren, führen dazu, dass oft nur Maßnahmen mit kurzen Amortisationszeiten umgesetzt werden. Zu wirtschaftlichen Hemmnissen zählen zudem unzureichende Anreize sowie ein Mangel an Informationen über rentable Effizienzmaßnahmen.

- **Verhaltensbezogene Hemmnisse:** Diese umfassen eine begrenzte Rationalität bei Entscheidungen, die oft intuitiv von Einzelpersonen oder Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträgern getroffen werden. Auch die Form und Aufbereitung von Informationen kann hinderlich sein, insbesondere wenn sie zu allgemein gehalten oder komplex gestaltet ist. Ein Mangel an Vertrauen in Informationen sowie eine geringe Bereitschaft zur Veränderung innerhalb der Organisation sind weitere relevante Faktoren. Zudem fehlt es häufig an wertebasierten Überzeugungen oder Ambitionen für die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen.
- **Organisatorische Hemmnisse:** Diese Hemmnisse beziehen sich auf die Verteilung von Autorität im Unternehmen. Ein niedriger Stellenwert des Themas Energiemanagement innerhalb einer Organisation kann dazu führen, dass energiebezogene Themen vernachlässigt werden. Eine Unternehmenskultur, die Umweltschutz und Nachhaltigkeit wertschätzt, fördert hingegen die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen wie z. B. Investitionen in Energieeffizienz oder Emissionsminderungstechnologie.

In Bezug auf die Umsetzung von EMS in Verbindung von iMSys(+) im Sinne der Flexibilisierung ist die Studien- und Datengrundlage geringer. 2017 beauftragte das damalige Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) die Durchführung einer Studie u. a. zur Erhebung der Hemmnisse für die Umsetzung von EMS (Gründig et al., 2017). Diese Studie und ihre Kategorisierung eingrenzender Faktoren wurden für die Entwicklung eigener Leitfragen und Annahmen als wesentliche Grundlagen betrachtet:

- **Finanzielle Faktoren:** hohe Investitionen, lange Amortisationszeit, Mangel an finanziellen Ressourcen
- **Organisatorische Faktoren:** Status der Energieeffizienz, konkurrierende Prioritäten, Schwierigkeiten bei der Änderung bestehender Routinen, Mangel an Zeit und Personal
- **Personalbezogene Faktoren:** mangelnde Motivation, fehlendes Know-how, fehlerhafte Ausführung
- **Operative Faktoren:** technische oder rechtliche Schwierigkeiten bei der Umsetzung, Störungen operativer Prozesse, Risiken für Produktion oder Produktqualität
- **Regulatorische Faktoren:** unklare politische Rahmenbedingungen und Richtlinien, schwieriger Zugang zu Fördermitteln, geringe Qualifikations- und Marktstandards
- **Informationelle Faktoren:** mangelndes Bewusstsein, Informationsmangel, ungenaue Empfehlungen

2.4.2 Leitfragen und Annahmen für die weitere Untersuchung

Anhand der Literaturrecherche (siehe Abschnitt 2.4.1) sowie der Sekundäranalyse von Gebäudemerkmalen (siehe Anhang 1: Merkblätter relevanter NWG-Typen) wurden folgende Annahmen bezüglich möglicher eingrenzender Faktoren zur Umsetzung von Flexibilisierungsmaßnahmen mit EMS und iMSys(+) in NWG formuliert. Diese Annahmen werden anschließend in den Expertinnen- und Experteninterviews bestätigt, widerlegt oder ergänzt (siehe Kapitel 3). Anschließend werden diese im Rahmen der Umfrage unter Gebäudevertreterinnen und -vertretern (siehe Kapitel 4) abgefragt und bewertet.

- **Finanzielle Faktoren**
 - Die geschätzten Kosteneinsparungen durch die Umsetzung von Flexibilisierungsmaßnahmen sind zu gering, um die erforderlichen Investitionen zu rechtfertigen.
- **Organisatorische Faktoren**
 - Andere betriebliche Prioritäten haben Vorrang, was die Umsetzung von Flexibilisierungsmaßnahmen in den Hintergrund drängt.
 - Die Gebäudebenutzerinnen und -nutzer sowie die wirtschaftlichen Eigentümerinnen und Eigentümer verfolgen unterschiedliche Interessen, was die Umsetzung von Flexibilisierungsmaßnahmen behindert.
- **Personalbezogene Faktoren**
 - Dem Gebäudepersonal fehlt das technische Know-how, um die Maßnahmen umzusetzen.
 - Flexibilisierungsmaßnahmen schränken die Nutzung und den Komfort ein, was die Akzeptanz verringert.
- **Technische Faktoren**
 - Die Anlagen sind nicht ausgerüstet, um flexibel gesteuert zu werden.
 - Flexibilisierungsmaßnahmen stellen ein Sicherheitsrisiko für kritische Nutzungen und Prozesse dar.
 - Die Gebäudebenutzungen sind nicht zeitlich verschiebbar, was die Flexibilisierung erschwert.
- **Regulatorische Faktoren**
 - Die gesetzlichen Vorgaben und die tarifären Anreize (z. B. flexible Stromtarife und zeitvariable Netzentgelte) sind zu schwach oder stimmen nicht überein.
- **Informationelle Faktoren**
 - Die Geschäftsführung ist nicht ausreichend über die Flexibilisierungspotenziale informiert.

3 Expertinnen- und Experteninterviews

3.1 Zielsetzung und Durchführung der Interviews

adelphi führte im Januar 2025 acht semistrukturierte Expertinnen- und Experteninterviews durch. Ziel dieser Interviews war es, das allgemeine Flexibilisierungspotenzial und die eingrenzenden Faktoren für den Einsatz von EMS in Verbindung mit iMSys(+) in NWG abzuschätzen, um vor allem die Annahmen bezüglich möglicher eingrenzender Faktoren (siehe Abschnitt 2.4.2) zu überprüfen.

Vorbereitung der Interviews

Um dieses Ziel zu erreichen, lag ein Schwerpunkt bei der Auswahl der Interviewpartnerinnen und -partner auf Personen, die über umfassende Erfahrung und fundierte fachliche Kenntnisse zu den Flexibilisierungspotenzialen von EMS und iMSys(+) verfügen. Dieses Wissen ist insbesondere bei Vertreterinnen und Vertretern aus der Forschung und Beratung, von Verbänden, themenbezogenen Arbeitskreisen sowie aus dem Facility Management und von Energieagenturen vorhanden. Zur Identifizierung geeigneter Interviewpartnerinnen und -partner wurde eine umfassende Stakeholder-Recherche durchgeführt, die sich auf folgende Quellen stützte:

- 1) wissenschaftliche Publikationen und relevante Autorinnen und Autoren im Themengebiet EMS, iMSys(+) und NWG,
- 2) Arbeitsgruppen, Dienstleister und Anbieter von Weiterbildungen im Themengebiet EMS, iMSys(+) und NWG

Zudem sollten mittels der Interviews Erkenntnisse zu verschiedenen NWG-Typen erfasst werden. Zu diesem Zweck wurden relevante Studien kurz analysiert, um festzustellen, ob ein Bezug zu bestimmten NWG-Typen besteht. Dies war vereinzelt gut möglich, beispielsweise in den Bereichen Krankenhäuser sowie Büros und Schulen. Die meisten Studien hatten jedoch entweder einen übergeordneten Fokus auf Gebäudeautomation oder einen spezifischen Bezug zu den Flexibilisierungspotenzialen von Unternehmen. Insgesamt wurde eine Liste von knapp 50 potenziellen Interviewpartnerinnen und -partnern erstellt.

Vor der Kontaktaufnahme wurde ein Interviewleitfaden entwickelt, der sich auf die Flexibilisierungspotenziale von EMS in Verbindung mit iMSys(+) und eingrenzende Faktoren konzentriert (siehe Abschnitt 2.4.2). Der Interviewleitfaden wurde den Gesprächspartnerinnen und -partnern im Vorfeld übermittelt, sodass sie sich entsprechend vorbereiten konnten. Die Interviews wurden online durchgeführt und dauerten durchschnittlich etwa 45 Minuten. Sie wurden aufgezeichnet, inhaltlich transkribiert und anschließend analysiert.

Überblick über die Interviewten

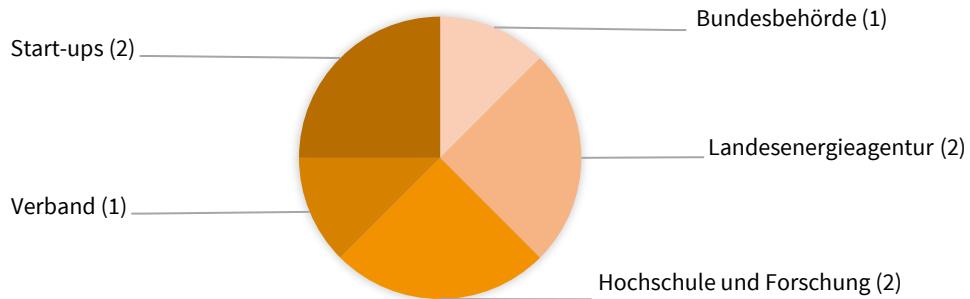


Abbildung 4: Verteilung der interviewten Expertinnen und Experten nach Institutionstyp (Quelle: eigene Darstellung)

Abbildung 4 bietet eine Übersicht der Institutionen, in denen die Interviewpartnerinnen und -partner tätig sind. Auf die Frage nach ihren konkreten Erfahrungen mit EMS in Verbindung mit iMSys(+) in NWG antworteten die meisten, dass sie zwar über Erfahrung mit EMS verfügen, jedoch keine spezifischen Erfahrungen mit der Kombination von EMS und iMSys(+) haben. Als Gründe nannten sie, dass der iMSys(+) - Einbau in NWG bisher eher wenig verbreitet sei. Obwohl das Thema Flexibilität zunehmend an Bedeutung gewinnt und in Deutschland verstärkt diskutiert wird, gibt es laut den Aussagen in den Interviews derzeit nur wenige Referenzfälle für die Umsetzung von EMS in Verbindung mit iMSys(+) in NWG.

3.2 Ergebnisse der Interviews

3.2.1 Allgemeine Ergebnisse

Die nachfolgend zusammengestellten Informationen zu Flexibilisierungspotenzialen und Hemmnissen für den Einsatz von EMS in Verbindung mit iMSys(+) in NWG basieren auf den Aussagen der Interviewpartnerinnen und -partner. Die Aussagen wurden im Nachgang analysiert und auf ihre fachliche Kohärenz geprüft.

Flexibilisierungspotenziale

Alle Interviewpartnerinnen und -partner sehen große Potenziale, Lasten durch EMS in Verbindung mit iMSys(+) in NWG zu verschieben. Die größten Flexibilisierungspotenziale bestehen in NWG-Typen mit hohem Energieverbrauch, weil in diesen Gebäuden besonders viele und große Energieverbraucher vorhanden sind. Dadurch gibt es mehr Möglichkeiten, den Energieeinsatz zeitlich zu verschieben oder zu steuern. Große Flexibilisierungspotenziale gibt es außerdem in noch wenig technisierten und für die Senkung ihres Energieverbrauchs wenig optimierten Gebäuden. Zudem scheinen NWG-Typen mit vorhersehbaren oder regelmäßigen Schwankungen ihrer Lastprofile (z. B. Gebäude, die hauptsächlich tagsüber genutzt werden) ein größeres Flexibilisierungspotenzial aufzuweisen. Es ist zudem erhöht, wenn Nutzungszeiten flexibel angepasst werden können. Ist eine flexible Anpassung der Nutzungszeiten möglich, so können auch Preissignale zeitlich flexibel umgesetzt werden, ohne die Nutzung des NWG einzuschränken.

Die Umsetzung der Flexibilisierungspotenziale hängt zudem stark von der technischen Ausstattung – d. h. insbesondere der Ausstattung mit SteuVE, Speicher, GLT, EMS und iMSys(+) der NWG ab. Die Interviewteilnehmer wiesen auf folgenden Zusammenhang hin: Je höher die Zahl steuerbarer Anlagen im Gebäude, desto

größer ist das technische Flexibilisierungspotenzial. Die wesentlichen SteuVE in Hinblick auf ihren Energieverbrauch befinden sich NWG-Typ übergreifend in den Bereichen HLK und Kälte. Bei Kälte-, Klima- und Lüftungssystemen ergeben sich Flexibilisierungspotenziale durch die zeitliche Steuerung der strombasierten Anlagen. Im Bereich Wärme kann Flexibilisierung auch mit strombasiertem Heizen, hauptsächlich mit Wärme pumpen oder Nachspeicherheizungen, sowie mit KWK in Kombination mit Pufferspeichern ermöglicht werden.

NWG-Typ-übergreifend sind elektrische oder thermische Speicherkapazitäten ebenfalls ein grundlegender Faktor für höhere technische Flexibilisierungspotenziale. Speicher ermöglichen es, den Bezug oder die Eigenproduktion von Strom und Wärme zumindest teilweise zeitlich von der Nutzung zu entkoppeln, um Lasten auf wirtschaftlich sinnvolle Zeitfenster zu verschieben. Zudem ermöglichen Maßnahmen wie die thermische Bauteilaktivierung,¹⁴ die Wärmezufuhr für 6 bis 12 Stunden zu unterbrechen, ohne dass dies von den Nutzerinnen und Nutzern bemerkt wird. Dabei gilt: Je besser die Wärmedämmung eines Gebäudes, desto größer die Speicherleistung des aktvierten Bauteils und dementsprechend auch das Flexibilisierungspotenzial. Auch Ladestationen für Elektrofahrzeuge können in Zukunft die Flexibilisierungspotenziale erhöhen.

Hemmnisse

Trotz der zuvor genannten grundsätzlichen Flexibilisierungspotenziale, die mit EMS in Verbindung mit iMSys(+) einhergehen, ist dessen Einsatz in NWG von eingrenzenden bzw. hemmenden Faktoren geprägt (siehe Abbildung 5).



Abbildung 5: Übersicht der Hemmnisse für die Integration von EMS mit iMSys(+) in NWG (Quelle: eigene Darstellung)

¹⁴ Thermische Bauteilaktivierung, z. B. typischerweise Betonkernaktivierung, ist ein Verfahren, bei dem wasserführende Rohrleitungen in massive Betonbauteile wie Decken oder Böden integriert werden, um die Gebäudemasse als thermischen Speicher für Heizen und Kühlen zu nutzen.

- **Finanzielle Hemmnisse:** Die häufigsten Hindernisse für die umfassende Integration von EMS mit iMSys(+) in NWG sind finanzielle Aspekte. Während in flächenmäßig großen oder energieintensiven NWG, die hohe Energiekosten aufweisen, größere Lastverschiebungen möglich sind, stellt sich in kleineren oder wenig technisierten NWG mit geringen Energiekosten die Frage, ob sich die Anschaffung und der Integrationsaufwand eines EMS in Verbindung mit iMSys(+) finanziell lohnt.
- **Technische Hemmnisse:** Die Interviewteilnehmerinnen und -teilnehmer nehmen an, dass die größten Einsparpotenziale in NWG-Typen mit Anlagen mit hohem Energieverbrauch liegen. Nach Aussagen in den Interviews erfüllen diese Anlagen jedoch mitunter zentrale Funktionen, sodass Lasten nicht ohne Weiteres verschoben werden können (z. B. durchgehende Lüftungsbedarfe in Krankenhäusern, Kühlungsbedarfe in Handelsgebäuden, Filteranlagen in Schwimmhallen). Laut den Interviewaussagen zeigen Bestandsgebäude zudem eine große Heterogenität hinsichtlich ihrer technischen Ausstattung mit iMSys(+), EMS und GLT. Der Einbau von iMSys(+) und EMS bzw. die Nachrüstung von GLT in Bestandsgebäuden für den Zweck der Flexibilisierung verursacht Kosten, die unabhängig von den erschließbaren Flexibilisierungspotenzialen anfallen. In den Interviews wurde zudem eingeschränkte Interoperabilität zwischen iMSys(+), EMS und GLT sowie den Anlagen beschrieben. Interoperable Plug-and-Play-Lösungen könnten hier einen Vorteil bieten, um die Anschaffungs- und Anbindungskosten von iMSys(+), EMS und GLT sowie steuerbarer Anlagen niedrig zu halten und den Engineering-Aufwand zu minimieren. Im NWG-Bereich stellen die Kosten für iMSys(+) i. d. R. kein entscheidendes Hindernis dar.
- **Organisatorische Hemmnisse:** Ein bedeutendes organisatorisches Hindernis kann das Eigentümer-Mieter-Dilemma sein, bei dem die Eigentümerin oder der Eigentümer nicht gleichzeitig Betreiberin oder Betreiber oder Nutzerin oder Nutzer ist. In solchen Fällen liegt die Investitionslast bei den Vermieterinnen und Vermietern, während die Mieterinnen und Mieter von den Einsparungen profitieren. Contracting-Modelle mit Energiedienstleistungsunternehmen könnten hier eine Lösung darstellen, indem sie die Investitions- und Betriebskosten auf die dienstleistende Entität übertragen, während die Mieterinnen und Mieter von niedrigeren Energiekosten und die Vermieter von der modernisierten Gebäudeausstattung profitieren. In NWG, in denen Eigentümerinnen oder Eigentümer auch Betreiberinnen und Betreiber sind, besteht hingegen höheres Potenzial zur Integration von EMS mit iMSys(+) sowie Anbindung mit GLT. Zudem wiesen die Interviewpartnerinnen und -partner darauf hin, dass Betriebsprozesse in manchen Fällen angepasst werden müssten, um Flexibilisierungspotenziale zu erschließen. Als besonders herausfordernd gelten Maßnahmen in NWG mit einer kritischen Funktion, beispielsweise Krankenhäuser, Rechenzentren, Banken und Produktionsanlagen, wo Eingriffe in laufende Betriebsprozesse ein Sicherheitsrisiko sein können bzw. als ein solches wahrgenommen werden.
- **Personelle Hemmnisse:** Die Komplexität des Themas, mangelndes Know-how sowie die Zahl an zu involvierenden Stakeholdern können die Entscheidungsfindung und Nutzung von Flexibilisierungspotenzialen bei EMS in Verbindung mit iMSys(+) erschweren. Personalmangel kann dazu führen, dass sich das Gebäudepersonal auf akute Aufgaben konzentriert, wodurch Flexibilisierungspotenziale ungenutzt bleiben. Externe Facility-Managerinnen und -Manager zeigen oft geringe Eigeninitiative, da sie primär auf einen reibungslosen und kosteneffizienten Betrieb bedacht sind. Zusätzlich wurde auf die mangelnde Motivation und das fehlende Nachhaltigkeitsempfinden bei einigen Eigentümerinnen und Eigentümern hingewiesen.
- **Nutzerkomfort und Akzeptanz:** Ein weiteres Hemmnis kann die potentielle Ablehnung der Nutzenden sein, wenn deren Komfort oder Tagesabläufe eingeschränkt werden. In vielen NWG (z. B. bei den NWG-

Typen Büros, Hotels, Handelsgebäude) hat Komfort eine hohe Relevanz und wird vor Kosteneinsparungen priorisiert. Wenn in einem NWG mehrere Nutzende unterschiedliche Nutzungszeiten haben, kann es beispielsweise schwierig sein, die Anpassung der Lastkurven für zentrale Gebäudeanlagen oder die Umsetzung von Preissignalen durchzusetzen.

3.2.2 Erkenntnisse hinsichtlich priorisierter NWG-Typen

Im Folgenden werden die spezifischen Ergebnisse aus den Interviews für die 5 in diesem Bericht priorisierten NWG-Typen (siehe Abschnitt 2.3.2) vorgestellt. Die hier dargestellten Erkenntnisse beziehen sich wie beim Abschnitt 3.2.1 zuvor auf die Aussagen der Interviewpartnerinnen und -partner.

Gewerbliche Bürogebäude

- Die Interviewpartnerinnen und -partner waren sich einig, dass das Flexibilisierungspotenzial in Bürogebäuden im Bereich Wärme vor allem außerhalb der regulären Nutzungszeiten liege. Da Büros i. d. R. nachts und an Wochenenden ungenutzt bleiben, ergäbe sich beispielsweise ein erhebliches Potenzial, die Heizsysteme flexibel zu steuern, indem die Aufheizung gezielt auf die Wochentage abgestimmt wird. Außerdem können Speicher eine wichtige Rolle spielen, um Erzeugung und Verbrauch zeitlich zu entkoppeln und von flexiblen Tarifen zu profitieren.
- Ein weiterer Faktor, der sich auf das Flexibilisierungspotenzial von Bürogebäuden auswirken könnte, ist das Homeoffice. Wird es häufiger in Anspruch genommen, werden möglicherweise auch während der Nutzungszeiten bestimmte Gebäudeteile nicht genutzt, was zusätzliche Möglichkeiten zur Anpassung des Energieverbrauchs bieten könnte. Voraussetzung hierfür wäre die Erfassung der Anwesenheit der Mitarbeitenden, beispielsweise durch Präsenzsensoren (integriert in die GLT) oder Schnittstellen zu IT-Systemen, die entsprechende Informationen bereitstellen.
- Interviewpartnerinnen und -partner äußerten, dass Elektrofahrzeuge während der Anwesenheit der Mitarbeitenden zu günstigen Zeiten geladen werden könnten. Voraussetzung ist, dass neben der iMSys(+) und EMS-Infrastruktur flexible Tarife genutzt werden. Auch eigens erzeugter PV-Strom kann im Rahmen der Eigenstromnutzung zum flexiblen Laden der Elektrofahrzeuge genutzt werden. Zudem könnten in Zukunft Ladestationen für Elektrofahrzeuge während der täglichen Arbeitszeit als Speicher fungieren, jedoch fehlen derzeit die Rahmenbedingungen.

Handelsgebäude (Supermärkte, Kaufhäuser, Einkaufszentren usw.)

- Im Vergleich mit Bürogebäuden haben Handelsgebäude oft längere tägliche Öffnungszeiten und sind teilweise auch am Wochenende geöffnet. Interviewpartnerinnen und -partner merkten dazu an, dass es deshalb auch weniger Flexibilisierungspotenzial außerhalb der Nutzungszeiten gäbe. Auch während der Nutzungszeiten ergeben sich bei der Beheizung und Klimatisierung von Räumen in Handelsgebäuden nur begrenzte Möglichkeiten zur Anpassung. Dies liege unter anderem daran, dass Heizung und Klimaanlagen nur für kurze Zeit abgeschaltet werden könnten, weil Kundinnen und Kunden beim Betreten und Verlassen einen Wärme- bzw. Kälteverlust verursachen.
- Zudem stelle sich die Frage, wie viel Flexibilisierung in Handelsgebäuden tatsächlich möglich ist. Im Lebensmittelbereich sei dies insbesondere bei der Lebensmittelkühlung (Kühlwaren) besonders herausfordernd. Eine interviewte Person habe hingegen Flexibilisierungspotenziale bei Tiefkühlaggregaten im Handel gesehen.

- Eine interviewte Person wies darauf hin, dass es in Supermärkten konkurrierende Anwendungsfälle für Batterien gibt. Sie werden beispielsweise in Back-up-Speichern oder zur Eigenverbrauchsoptimierung in Kombination mit PV-Systemen eingesetzt, wodurch das Interesse und die Umsetzbarkeit an flexibilitätsorientierten Nutzungsanpassungen geringer ausfallen könnte.

Schule (Grundschulen, Gymnasien, Volkshochschulen, Bildungszentren usw.)

- Wie auch bei Bürogebäuden liegt ein großes Flexibilisierungspotenzial in Schulen im Bereich der Wärme insbesondere außerhalb der regulären Nutzungszeiten, da diese i. d. R. am Abend unter der Woche und an Wochenenden nicht genutzt werden.
- Eine interviewte Person schätzte, dass während der Nutzungszeiten die größten Energieverbraucher in Schulen, ähnlich wie bei Bürogebäuden, oft die Heizungssteuerung sei. Teilweise könnten auch Lüftungssysteme flexibilisiert werden.
- Ein weiteres Flexibilisierungspotenzial in Schulkantinen ergäbe sich durch die Verschiebung der Nutzung von beheizbaren oder kühlenden Speisenausgabewagen sowie Wärmewagen, die Speisen über einen gewissen Zeitraum warm oder kalt halten können. Die Vorheizung oder Vorkühlung dieser Geräte könnte zeitlich – in Abhängigkeit vom Strompreis – verschoben werden. Dieses Beispiel verdeutlicht jedoch auch, dass die Verschiebung der Last häufig mit einem erhöhten Energieverbrauch verbunden ist, da beispielsweise der Wagen früher aufgeheizt werden kann, was jedoch zu etwas höheren Energieverlusten führt, bis er verwendet wird.

Hotel (Sterne-Hotels, Herbergen, Ferienheime, Pensionen usw.)

- Die Interviewpartnerinnen und -partner sehen in Bezug auf Hotelzimmer nur ein geringes Flexibilisierungspotenzial. Hotelzimmer bieten aufgrund ihrer typischen Ausstattung mit Einzelraumregelungen nur begrenzte Eingriffsmöglichkeiten.
- Im Gegensatz dazu sehen die Interviewpartnerinnen und -partner außerhalb der Hotelzimmer in Hotels größere Flexibilisierungspotenziale. Hier gebe es Flexibilisierungspotenziale insbesondere bei der Nutzung von Waschmaschinen und bei der Verpflegung. Wie auch in den Schulkantinen ergäbe sich ein Flexibilisierungspotenzial in Hotelküchen beim Spülen durch den Einsatz von Warmwasserspeichern. Diese könnten preisabhängig aufgeladen – d. h. das Wasser erhitzt – und gespeichert werden, was eine flexible Nutzung ermöglicht.
- Im Bereich der Wärme gäbe es weniger Spielraum, wenn es um die Veränderungen der Raumtemperaturen geht. Hotelleitungen priorisieren i. d. R. Komfort über Kosteneinsparungen. Flexibilisierungsmöglichkeiten können sich allerdings durch thermische Speicher ergeben.

Hallenbäder, Thermalbäder

- In Hallen- und Thermalbädern sehen die Interviewpartnerinnen und -partner wenig Flexibilisierungspotenzial während der Öffnungszeiten, wenn es darum geht, Raum- und Wassertemperatur außerhalb von Komfortgrenzen zu verändern.
- Außerhalb der Betriebszeiten werden sowohl das Wasser als auch die Halle weiterhin beheizt, und die Wasserfilterung bleibt aktiv. Grundsätzlich kann das Wasser als Wärmespeicher genutzt werden, sodass beispielsweise das Wasser im Hallenbad zu günstigeren Zeiten stärker erhitzt oder gekühlt werden kann. Wärmeverluste sowie Komfortgrenzen hinsichtlich der Temperatur gilt es hier zu berücksichtigen.
- Die Möglichkeiten, in die Steuerung von Filtern und Pumpen einzugreifen, müsste sorgfältig geprüft werden, insbesondere im Hinblick auf die Wasserhygiene. Eine flexible Steuerung der Wasseraufbereitungssysteme könnte das Risiko einer unzureichenden Wasserqualität erhöhen, wenn die Betriebszeiten der Filter und Pumpen nicht optimal auf die Hygieneanforderungen abgestimmt sind. In diesem Zusammenhang müsste weitergehend untersucht werden, ob es Flexibilisierungspotenziale bei den Lüftungsanlagen zur Entfeuchtung gibt oder ob die bestehenden Abläufe unverändert bleiben müssen.
- Viele Schwimmbäder werden über BHKW beheizt, was ein inhärentes technisches Flexibilisierungspotenzial bietet. Die zeitliche Steuerung von BHKW ermöglicht es, die Strom- und Wärmeerzeugung in wirtschaftlich attraktive Zeiträume zu verlagern, wobei die thermische Masse der Schwimmbecken als Pufferspeicher genutzt werden könnte, um die erzeugte Wärme zu speichern. Durch das große Wasservolumen kann bereits durch kleine Temperaturveränderungen (etwa um 0,5 bis 1 Grad Celsius) auf einfache Weise Energie eingespeichert werden. Einige Bäder stellen nach und nach auf Wärmepumpen um, was zusätzliche Flexibilisierungsmöglichkeiten eröffnet. Dies ermöglicht es, kurzzeitige Lasten zu verschieben, ohne dabei den thermischen Komfort spürbar zu beeinträchtigen.

4 Befragung von Gebäudevertreterinnen und -vertretern

4.1 Zielsetzung und Durchführung der Umfrage

Um die theoretisch ermittelten Flexibilisierungspotenziale und eingrenzenden Faktoren mit konkreten Fallbeispiele zu vergleichen, wurde eine anonyme Umfrage unter Vertreterinnen und Vertretern der priorisierten NWG-Typen (siehe Abschnitt 2.3.2) durchgeführt. Während sich die Interviews an Expertinnen und Experten wandten und die qualitative Einordnung der Flexibilisierungspotenziale mit übergeordneter Perspektive zum Ziel hatten, war die Umfrage gezielt an Gebäudevertreterinnen und -vertreter adressiert, die ihre Antworten auf ein spezifisches NWG beziehen sollten. Entsprechend ist zu beachten, dass die Umfrage den aktuellen Stand der Technik und derzeit erschlossene oder unmittelbar erschließbare Flexibilisierungspotenziale stichprobenartig erhebt, während die Interviews auch Einschätzungen zur Entwicklung der Flexibilisierungspotenziale der NWG-Typen liefern. Die Umfrageergebnisse sollen ein indikatives Bild über den aktuellen Stand der Flexibilisierungsmöglichkeiten und der bereits umgesetzten Flexibilisierungsmaßnahmen im NWG-Bereich geben.

Die Umfrage wurde online mithilfe der Plattform LimeSurvey durchgeführt und in 4 Teile gegliedert. Um die Abbruchquote niedrig zu halten, wurde der Umfang der Umfrage auf 15 Fragen sowie 3 optionale Zusatzfragen (Abschnitt 4 der Umfrage) begrenzt. Die Umfrage wurde wie folgt in 4 Abschnitte gegliedert:

1. **Einordnung der Befragten und des betrachteten NWG:** In diesem Abschnitt wurden grundlegende Informationen zur Einordnung der Befragten und des betrachteten NWG abgefragt. Die Teilnehmenden gaben Auskunft über den NWG-Typ des betrachteten Gebäudes, auf welches sie die Umfrage beziehen, sowie über die Rolle ihrer Organisation und ihre spezifischen Aufgaben in Bezug auf das betrachtete NWG.
2. **Angaben zur Energieversorgung und Bewirtschaftung:** Dieser Abschnitt konzentrierte sich auf die Energieversorgung und Bewirtschaftung des betrachteten NWG in der Umfrage. Es wurde abgefragt, ob und in welchem Umfang Energieverbräuche im betrachteten NWG zeitlich verschoben oder flexibilisiert werden und welche Hemmnisse mit der Umsetzung von Flexibilisierungsmaßnahmen verbunden sind.
3. **Allgemeine Eigenschaften des betrachteten NWG:** Im dritten Abschnitt wurden allgemeine Eigenschaften des betrachteten NWG erfragt, wie etwa die vorhandenen Anlagen und deren Anbindung an die erforderliche GLT sowie die nötige iMSys(+-)Infrastruktur zur Flexibilisierung von Energieverbräuchen.
4. **Vertiefende Fragen zur Einordnung des realen Flexibilisierungspotenzials (optional):** Dieser optionale Abschnitt der Umfrage beinhaltete Fragen zum Netzanschluss des betrachteten NWG und zur Art des Stromliefervertrags. Zudem wurden spezifische Daten wie die NGF des Gebäudes (exklusive Nebennutzungen in m²) und der jährliche Endenergieverbrauch für Kälteerzeugung (in kWh/a) erhoben. Dieser Teil ist an Energiemanagerinnen und Energiemanager sowie gut informiertes Gebäudepersonal adressiert, um die qualitativen Untersuchungen aus den vorherigen Kategorien mit technischen Daten und Fakten zu hinterlegen.

Bei der Ansprache von Teilnehmenden in der Umfrage wurde darauf geachtet, eine ausreichende Anzahl von Stakeholdern aus allen priorisierten NWG-Typen anzusprechen. Neben direkten Kontaktaufnahmen mit Vertreterinnen und Vertretern der jeweiligen NWG-Typen wurden auch Multiplikatoren wie Verbände, Kommu-

nen, Handwerkskammern, Technologieanbieter, Beratungs- und Energiedienstleistungsunternehmen kontaktiert, damit diese die Umfrage an geeignete Mitglieder und Personen weiterverteilen. Darüber hinaus wurden die Interviewpartnerinnen und -partner sowie die für die Interviews kontaktierten Personen gebeten, die Umfrage innerhalb ihrer Netzwerke weiterzuleiten. Insgesamt wurden auf diese Weise knapp 400 Personen kontaktiert. Zusätzlich wurde die Umfrage über den SET Hub-Newsletter sowie den Verteiler der Strommarktgruppe verbreitet. Um die Rückläufe zu erhöhen, wurden in einer zweiten Phase Folgemaßnahmen ergriffen, wie persönliche Anrufe und namentliche Erinnerungen an die Umfrage bei den relevantesten Stakeholdern.

Im Zeitraum vom 28. Januar bis zum 28. Februar 2025 haben insgesamt 129 Personen die Startseite der Umfrage abgerufen, davon haben 60 Personen die Umfrage begonnen. Letztlich haben 41 Teilnehmende die Umfragen zufriedenstellend ausgefüllt und konnten in die Auswertung aufgenommen werden. Davon haben 12 Teilnehmende auch die optionalen vertiefenden Fragen zur Einordnung des realen Flexibilisierungspotenzials (Abschnitt 4 der Umfrage) in Teilen beantwortet. Abbildung 6 stellt die Verteilung der auswertbaren 41 Fragebögen über die priorisierten NWG-Typen dar. Die Zahl der Teilnehmenden für die 5 priorisierten NWG-Typen variiert zwischen 3 und 11. Hinzu kommen 6 Teilnehmende, die sonstige NWG-Typen betrachtet haben. Diese sonstigen NWG-Typen umfassen: Verwaltungsgebäude, Produktions- und Lagerhallen, Baubetriebshof, Kultur- und Kongresshalle/Mehrzweckhalle sowie Kirchengemeindehaus.

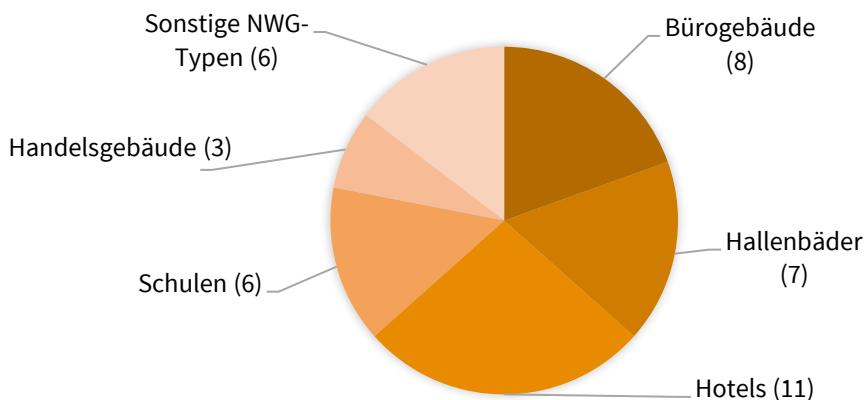


Abbildung 6: Verteilung der ausgewerteten Antworten der priorisierten NWG-Typen (Quelle: eigene Darstellung)

Aufgrund der Zahl der in die Auswertung aufgenommenen Fragebögen werden die erhobenen Werte in den nachfolgenden Analysen als Fallbeispiele betrachtet. Sie liefern damit einen indikativen Überblick über den aktuellen Stand der Möglichkeiten, Maßnahmen und Hemmnisse im deutschen NWG-Bestand. Die Umfrage erhebt keinen Anspruch auf Repräsentativität.

4.2 Ergebnisse der Befragung

4.2.1 Allgemeine Ergebnisse

Die 41 Teilnehmenden wiesen eine sehr hohe Diversität auf, auch hinsichtlich der Betriebsmodelle, wobei Überschneidungen in den Stakeholder-Kategorien auftraten. Unter den Teilnehmenden befanden sich 19 rechtliche Eigentümerinnen und Eigentümer, von denen 8 gleichzeitig die Gebäude nutzen und betreiben,

was eine gute Voraussetzung für die Umsetzung von Flexibilisierungsmaßnahmen ist. Zusätzlich waren 7 Energiedienstleisterinnen und -dienstleister vertreten, von denen 4 auch im Facility-Management tätig sind, was je nach bestehenden Contracting-Abkommen ebenfalls positive Voraussetzungen schaffen könnte. Zudem waren 6 weitere Betreiberinnen und Betreiber sowie 3 Gebäudenutzerinnen und -nutzer in der Umfrage vertreten. Darunter befand sich eine Person, die sowohl das Gebäude betreibt als auch bewirtschaftet, was als potenziell gute Voraussetzung gewertet werden kann. Darüber hinaus umfasste die Gruppe 3 Bewirtschafterinnen und Bewirtschafter, 3 Energieberaterinnen und Energieberater, eine Mieterin oder einen Mieter, die oder der nicht als gebäudenutzende Person auftritt, sowie ein Anlagenanbieterunternehmen.

Die Energiekosten werden i. d. R. von den Gebäudenutzerinnen und -nutzern getragen. Bei fast allen Befragten machen die Energiekosten in allen NWG-Typen über 20 Prozent der gesamten Gebäudebetriebskosten aus. Bei der Hälfte der Befragten liegt der Anteil der Energiekosten sogar über 40 Prozent.

Das Thema Flexibilisierung wurde in den meisten Fällen sowohl auf Ebene des Facility- oder Energiemanagements als auch auf der Ebene der Geschäftsführung des Gebäudebetreibenden bereits angesprochen (siehe Abbildung 7). Zudem scheint die Geschäftsführungsebene einen maßgebenden Einfluss auf die Wahrnehmung des Themas durch das Gebäudepersonal zu haben: Das Thema wird selten ohne die Geschäftsführung thematisiert, und nur dann intensiv besprochen, wenn auch die Geschäftsführung stark beteiligt ist. In den meisten Fällen, in denen das Thema immer oder häufig besprochen wird, werden bereits Flexibilisierungsmaßnahmen umgesetzt, die mit der Lastverschiebung über 2 Prozent des Gesamtenergieverbrauchs ausmachen. Wo Flexibilisierung nie oder selten thematisiert wird, finden meistens keine oder nur geringfügige (< 2 Prozent des Gesamtenergieverbrauchs) Lastverschiebungen statt.

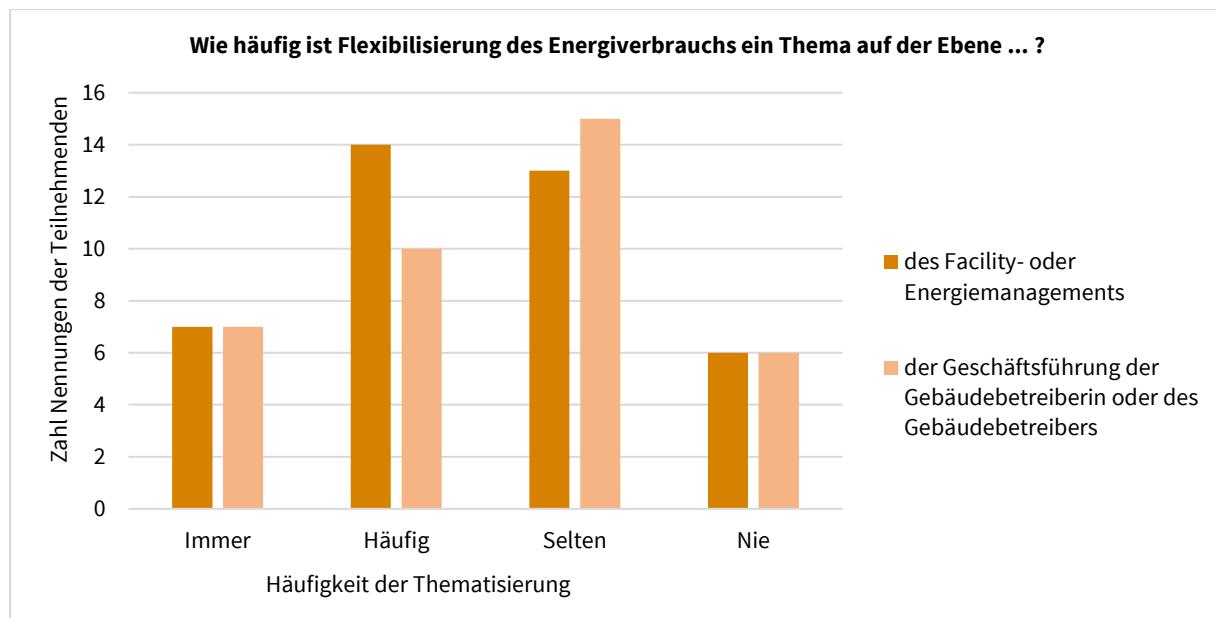


Abbildung 7: Bedeutung des Themas Flexibilisierung laut Umfrageergebnissen (Quelle: eigene Darstellung)

Fast alle Gebäude verfügen über eine Form von GLT. Diese integriert in unterschiedlicher Ausprägung die Gebäudeanlagen. Am häufigsten integriert die GLT Wärme- und Lüftungsanlagen, jedoch vergleichsweise selten in Verbindung mit iMSys(+). Hingegen sind bei Anlagen der Eigenproduktion – hauptsächlich PV-Anlagen – in der Mehrheit iMSys(+) verbaut sowie eine GLT-Integration vorgenommen (siehe Abbildung 8). Nur bei 4 NWG (2 Hotels, 1 Hallenbad, 1 Büro) werden dynamische Stromtarife als Art des Stromliefervertrags angegeben.

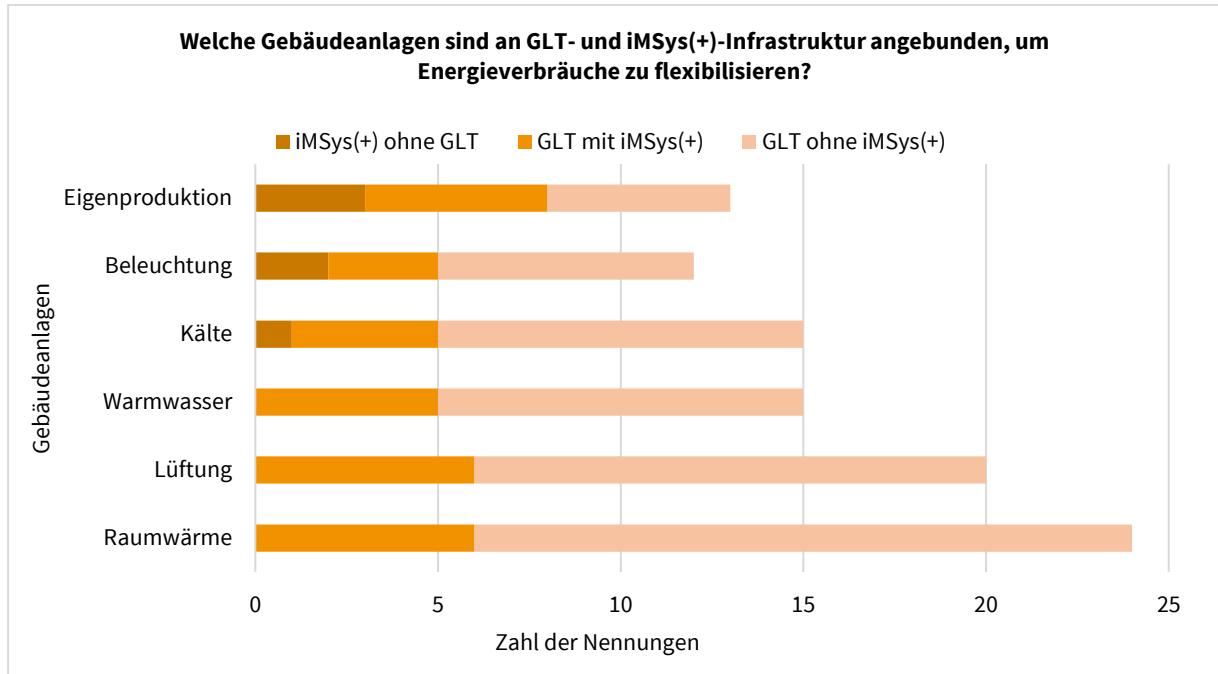


Abbildung 8: Anschluss der Gebäudeanlage an die GLT und iMSys(+)-Infrastruktur laut Umfrageergebnissen (Quelle: eigene Darstellung)

Hemmnisse

Die Mehrheit der Teilnehmenden der NWG-Typen (siehe Tabelle 8) stimmte darin überein, dass die größten Hemmnisse bei der Umsetzung von Flexibilisierungsmaßnahmen organisatorischer und technischer Natur sind. In allen NWG-Typen ist die Tatsache, dass andere betriebliche Prioritäten Vorrang haben, der am häufigsten genannte einschränkende Faktor. Darauf folgt die Herausforderung, dass Gebäudenutzungen nicht zeitlich verschiebbar sind und Anlagen nicht ausgerüstet sind, um zeitlich gesteuert zu werden. Dagegen ist zu bemerken, dass Interessenkonflikte zwischen Gebäudenutzenden und wirtschaftlichen Eigentümerinnen und Eigentümern vergleichsweise selten ein Hemmnis darstellen, was jedoch in Hinblick auf die hohe Zahl an Fällen, in denen Eigentümerinnen und Eigentümer den Gebäudebetrieb verantworten, zu relativieren ist.

Tabelle 8: Hemmnisse für die Umsetzung von Flexibilisierungsmaßnahmen je NWG-Typ (Umfrageergebnis)¹⁵ (Quelle: eigene Darstellung)

Hemmnisse	Büro-gebäude	Hallen-bäder	Schulen	Hotels	Handels-gebäude	Sonstige NWG
Andere betriebliche Prioritäten haben Vorrang	••••	•••	••••	•••	••••	••••
Gebäudenutzungen sind nicht zeitlich verschiebbar	••••	•••	••••	•••	•••	••••
Anlagen sind nicht ausgerüstet, um zeitlich gesteuert zu werden	•••	••	•••	•••	•••	•••

¹⁵ Die Befragten konnten je Hemmnis zwischen den Antwortmöglichkeiten ja (1), eher ja (0,66), eher nein (0,33) und nein (0) wählen. Aus den Antworten wurde für jedes Hemmnis und jeden Gebäudetyp der numerische Durchschnitt dieser Antworten gebildet. Die Zahl der Punkte (•) ordnet diesen Durchschnittswert ein: • = 0-0,25; •• = 0,25-0,5; ••• = >0,5-0,75; •••• = >0,75-1,0.

Hemmisse	Büro-gebäude	Hallen-bäder	Schulen	Hotels	Handels-gebäude	Sonstige NWG
Investitionskosten für die nötige Steuerungsinfrastruktur sind zu hoch	•••	••	•••	•••	•••	••
Flexibilisierungsmaßnahmen schränken den Nutzerkomfort ein	•••	••	•••	••	•••	••
Geschätzte Kosteneinsparungen sind zu gering	••	•	•••	•••	•••	••
Geschäftsführung ist nicht über Flexibilisierungspotenziale informiert	•••	••	•••	••	••	••
Gebäudepersonal fehlt das technische Know-how	•••	••	••	••	•••	••
Flexibilisierungsmaßnahmen stellen ein Sicherheitsrisiko dar	••	••	•	•	•••	•
Gebäudenutzerinnen und -nutzer & wirtschaftliche Eigentümerinnen und Eigentümer verfolgen unterschiedliche Interessen	•	•	•	•	••	••

4.2.2 Ergebnisse hinsichtlich priorisierter NWG-Typen

In diesem Abschnitt erfolgt eine Differenzierung der Auswertung der Umfrageergebnisse je NWG-Typ. Die Darstellung bezieht sich entsprechend auf die Antworten der Teilnehmenden in der Umfrage. Wie oben bereits erläutert, haben die Ergebnisse keinen Anspruch auf Repräsentativität, sondern stellen vielmehr indikative Ergebnisse zur Flexibilisierung nach NWG-Typ dar.

Gewerbliche Bürogebäude

- In den 8 betrachteten gewerblichen Bürogebäuden übernehmen die Gebäudenutzenden die Energiekosten und in der Hälfte der Fälle auch die Investitionen in Gebäudeanlagen und GLT.
- Bezuglich der Anlagenausstattung sind in den Bürogebäuden BHKW, Wärmepumpen und Solarthermieanlagen selten oder gar nicht installiert. Auch sind Kälte- und Lüftungsanlagen nicht systematisch Teil der Ausstattung, während ebenfalls Batteriespeicher und Ladestationen für Elektrofahrzeuge kaum vertreten sind.
- Die meisten Büros sind an das Niederspannungsnetz angeschlossen, wobei die Art des Stromliefervertrags variiert: Es wurden sowohl Standardtarifverträge als auch Festpreisverträge und flexible Tarifverträge genannt. GLT ist in den meisten Büros vorhanden, in erster Linie für die Anbindung und Steuerung von Wärme-, Lüftungs- und Kälteanlagen. Nur in wenigen Fällen ist eine iMSys(+)-Infrastruktur vorhanden. Die Teilnehmenden geben an, dass die meisten Büros über geschultes Personal für das Energiemanagement verfügen, welches sich um die kontinuierliche Überwachung und Optimierung der Energieverbräuche kümmert. Außerdem hat etwa die Hälfte in den letzten 4 Jahren ein Energieaudit gemäß DIN EN

16247 durchgeführt, davon haben allerdings nur wenige ein zertifiziertes EMS (nach ISO 50001 oder EMAS).

- Auf der Ebene des Facility- oder Energiemanagements sowie der Geschäftsführung ist die Flexibilisierung des Energieverbrauchs oft ein relevantes Thema. Jedoch wird in Büros selten flexibilisiert, und wenn, dann nur geringfügig (Lastverschiebungen stellen lediglich 2–10 Prozent des Gesamtenergieverbrauchs dar). Hohe Investitionskosten sowie hoher Zeit- und Kostenaufwand für technische Ausstattung und Anbindung von GLT, iMSys(+), EMS und flexible Anlagen werden als hemmende Faktoren wahrgenommen.

Handelsgebäude (Supermärkte, Kaufhäuser, Einkaufszentren, usw.)

- In 2 der 3 erhebten Handelsgebäude sind die Eigentümerinnen und Eigentümer ebenfalls die Hauptnutzenden und tragen sowohl die Energiekosten als auch die Investitionen. In beiden Fällen werden derzeit keine Flexibilisierungsmaßnahmen umgesetzt. Während in einem der Gebäude die nötige GLT- und iMSys(+)-Infrastruktur bereits vorhanden ist, werden im anderen Gebäude die Investitionskosten als zu hoch im Verhältnis zu den geschätzten Kosteneinsparungen bewertet. Letzterer verfügt jedoch nicht über geschultes Personal für Energiemanagement und führte in den letzten 4 Jahren kein Energieaudit durch. Dennoch haben alle 3 Handelsgebäude ein zertifiziertes Energiemanagementsystem (gemäß ISO 50001 oder EMAS) implementiert.
- Beim dritten Handelsgebäude wurden bereits umfangreiche Flexibilisierungsmaßnahmen in allen Bereichen umgesetzt, die zwischen 20 und 50 Prozent des Gesamtenergieverbrauchs ausmachen. Dabei handelt es sich um ein großflächiges Gebäude (ca. 50.000 m²), das über Lüftungsanlagen und Ladestationen für Elektrofahrzeuge verfügt und den Strom über einen dynamischen Tarifvertrag bezieht. Hier tragen die Mieter die Energiekosten, jedoch nicht die Investitionen in die GLT und Anlagen.

Schule (Grundschulen, Gymnasien, Volkshochschulen, Bildungszentren usw.)

- In den 6 betrachteten Schulen tragen bis auf eine Ausnahme die Gebäudenutzenden – d. h. hier die Träger – sowohl die Energiekosten als auch die Investitionen in GLT und Gebäudeanlagen. Die meisten Schulen sind mit Erdgasheizungen, PV-Anlagen sowie Lüftungs- und Be- und Entfeuchtungssystemen ausgestattet. Wärme- und Lüftungsanlagen sind in den meisten Fällen an eine GLT angeschlossen, während iMSys(+) nur vereinzelt installiert sind.
- Flexibilisierung erscheint nur in Einzelfällen ein wichtiges Thema, sowohl auf Gebäudepersonal- als auf Geschäftsführungsebene, und konkrete Maßnahmen wurden nur in einem Fall umgesetzt. Die am meisten genannten Hemmnisse sind andere betriebliche Prioritäten, nicht verschiebbare Gebäudenutzungen, Wissenslücken der Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträger und hohe Nachrüstungsbedarfe, insbesondere für iMSys(+), EMS, GLT sowie SteuVE.
- In einer Schule wurde dagegen berichtet, dass bereits 10–20 Prozent des gesamten Endenergieverbrauchs zeitlich verschoben wird. Die entsprechende Schule verfügt über eine umfassende GLT und iMSys(+)-Infrastruktur und mehrere flexibilisierbare Anlagen (BHKW, PV-Anlage und Wärmepumpe). Das besagte Gebäude verfügt über einen Mittelspannungsanschluss. Diese Antworten der Umfrage wurden von einem Energiedienstleistungsunternehmen gegeben, was auf ein Contracting-Verhältnis hinweist.

Hotel (Sterne-Hotels, Herbergen, Ferienheime, Pensionen usw.)

- In den 11 betrachteten Hotels tragen bis auf einige wenige Ausnahmen die Gebäudenutzenden – d. h. jene Personen, Gesellschaften oder Unternehmen, welche das Hotel führen – sowohl die Energiekosten als auch die Investitionen in die GLT und die Anlagen. Die Mehrheit der Hotels verfügt über Kälteerzeugungsanlagen, zentrale Warmwasserspeicher, Heizsysteme mit Öl, Gas oder Biomasse sowie E-Ladestationen. In etwa der Hälfte der Hotels sind BHKW und PV-Anlagen installiert.
- Jedoch verfügen wenige Hotels über eine umfassende GLT, während eine iMSys(+-)Infrastruktur in den meisten Fällen noch nicht eingebaut ist. Die meisten betrachteten Hotels sind an das Niederspannungsnetz angeschlossen. 5 Hotels geben an, variable Stromtarife zu nutzen.
- Flexibilisierungspotenziale werden oft auf der Ebene des Facility- oder Energiemanagements sowie der Geschäftsführung thematisiert und fast alle gaben an, dass die Umsetzung der Flexibilisierungsmaßnahmen im Gange ist. Knapp die Hälfte der Befragten gab sogar an, dass über 5 Prozent des gesamten Energieverbrauchs bereits zeitlich verschoben wird. Hier ist anzunehmen, dass Nutzungsverschiebungen und weitere Betriebsoptimierungen in diese Einschätzung miteinbezogen wurden, da die iMSys(+-)Infrastruktur für eine automatisierte Verbrauchsflexibilisierung größtenteils noch nicht vorliegt.

Hallenbäder, Thermalbäder

- In den 7 betrachteten Hallenbädern tragen bis auf wenige Ausnahmen die Gebäudenutzer – d. h. Organisationen oder Institutionen, die das Bad täglich verwalten – sowohl die Energiekosten als auch die Investitionen in GLT und Anlagen. Die meisten Hallenbäder sind mit BHKW sowie zentralen Warmwasserspeichern oder Pufferspeichern ausgestattet. In fast allen wurde in den letzten 4 Jahren ein Energieaudit durchgeführt, ein Hallenbad weist ein zertifiziertes EMS (nach ISO 50001 oder EMAS) auf. Wesentliche Anlagen, d. h. insbesondere in den Bereichen Wärme, Lüftung, Warmwasser, sind i. d. R. mit der GLT verbunden. In einzelnen Fällen ist die iMSys(+-)Infrastruktur installiert.
- Flexibilisierung des Energieverbrauchs ist oft ein wichtiges Thema auf der Ebene des Facility- oder Energiemanagements sowie der Geschäftsführung. In den meisten Fällen erfolgen bereits Flexibilisierungsmaßnahmen, die alle über 2 Prozent und in 2 Fällen sogar über 10 Prozent des Gesamtenergieverbrauchs ausmachen. Die Hallenbäder sind fast alle an das Mittelspannungsnetz angeschlossen, wobei zeitvariable Tarifverträge dominieren.
- Als eine zentrale Barriere zur Umsetzung von Flexibilisierungsmaßnahmen wurde die fehlende detaillierte Verbrauchsdatenerfassung als Hauptproblem genannt. Bei einem der Hallenbäder mit den größten umgesetzten Flexibilisierungsmaßnahmen merkte der Energiemanager an, dass die Komfortansprüche der Besucherinnen und Besucher oft konträr zu den möglichen Optimierungen liegen. Hier sei eine Optimierung innerhalb von Komfortintervallen gefragt.

4.2.3 Auswertung des selbst eingeschätzten Flexibilisierungspotenzials

In diesem Abschnitt werden die Umfrageergebnisse hinsichtlich des Flexibilisierungspotenzials aus Sicht der Gebäudeverantwortlichen ausgewertet. Ziel ist es, einen Überblick über die aktuelle Nutzung und das wahrgenommene Potenzial gebäudeseitiger Flexibilisierungsoptionen in den verschiedenen NWG-Typen zu geben. Die Ergebnisse dienen als indikative Einschätzung und erlauben keine allgemeingültigen Aussagen.

Dieser Abschnitt gliedert sich in 3 Teile:

- Zunächst wird die **Selbsteinschätzung zur Nutzung gebäudeseitiger Flexibilisierungsoptionen nach Technologien** vorgestellt. Hier wird analysiert, inwieweit unterschiedliche Technologien in den betrachteten Gebäuden bereits zur Flexibilisierung des Energieverbrauchs eingesetzt werden.
- Im Anschluss folgt die **Selbsteinschätzung zum flexibilisierten Energieverbrauch**. Hier wird beleuchtet, welcher Anteil des Gesamtenergieverbrauchs nach Einschätzung der Befragten aktuell tatsächlich flexibilisiert wird.
- Abschließend wird die **gegenwärtige Nutzung flexibilisierbarer Technologien** betrachtet. Es wird dargestellt, welche Technologien in den priorisierten NWG-Typen derzeit vorhanden sind und grundsätzlich technisch für Flexibilisierungsmaßnahmen genutzt werden könnten.

Selbsteinschätzung zur Nutzung gebäudeseitiger Flexibilisierungsoptionen nach Technologien

Abbildung 9 zeigt die relative Gebäudezahl – unterschieden nach Technologien – bei denen die Befragten bestätigten, dass entsprechende Verbräuche bereits flexibilisiert werden. Diese Auswertung zeigt, welche Bedeutung die aktuell genutzten Technologien zur Flexibilisierung in den betrachteten NWG-Typen haben.

Im Mittel über die auswertbare Gesamtstichprobe werden die hier betrachteten Technologien jeweils von etwa 30 Prozent der NWG zur Flexibilisierung genutzt. Dabei weisen die NWG-Typen *Hotel*, *Hallenbad* und *Handel* tendenziell höhere Anteile gegenüber den Kategorien *Büro*, *Schule* und *Sonstige* auf.

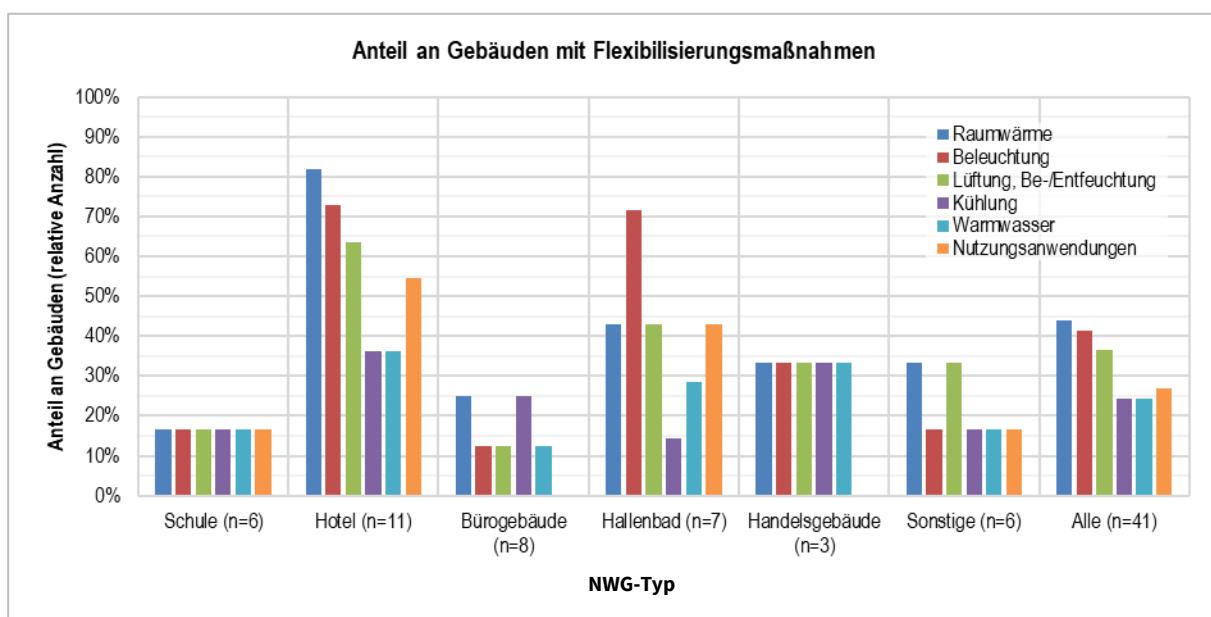


Abbildung 9: Flexibilisierungsmaßnahmen nach NWG-Typ und Technologie laut Umfrageergebnissen (Quelle: eigene Darstellung)

Es ist zu beachten, dass die betrachteten Technologien innerhalb eines NWG in Kombination auftreten können. Die Ergebnisse deuten an, dass Unklarheiten oder unterschiedliche Auffassungen zum Begriff *Flexibilisierung* bestehen könnten. So geben die Befragten beispielsweise in vielen Fällen Flexibilisierung der Beleuchtung an – diese ist nicht grundsätzlich ausgeschlossen, würde allerdings in aller Regel mit Nutzungseinschränkungen einhergehen (siehe Abschnitt 2.1.3). Ähnlich verhält es sich mit dem Bereich der Lüftung.

Dies kann bedeuten, dass tatsächlich Nutzungseinschränkungen z. B. Abweichungen von Raumsollparametern) hingenommen werden – jedoch auch, dass die Grenze zwischen lokaler Effizienzoptimierung und Flexibilisierung nach externen Kriterien verschwimmt.

Eine exemplarische Kreuzauswertung nach Flexibilisierung der Raumwärmeverteilung und Wärmeerzeugern gestattet eine weitere Interpretation: Von 18 NWG mit mutmaßlich flexibilisierter Raumwärmeverteilung verfügen lediglich 7 über Wärmepumpen oder BHKW als Wärmeerzeuger. Dies kann darauf hindeuten, dass die Aussagen nicht nur auf die Flexibilisierung von Stromverbräuchen bezogen wurde, sondern möglicherweise auch auf Systeme auf Basis anderer Energieträger.

Selbsteinschätzung zum flexibilisierten Energieverbrauch

Von den 41 in die Auswertung einbezogenen Fragebögen (siehe Abschnitt 4.1.) enthalten 38 explizite Angaben zum bereits flexibilisierten Energieverbrauch. Abbildung 10 zeigt die Verteilung der Antworten nach NWG-Typ.

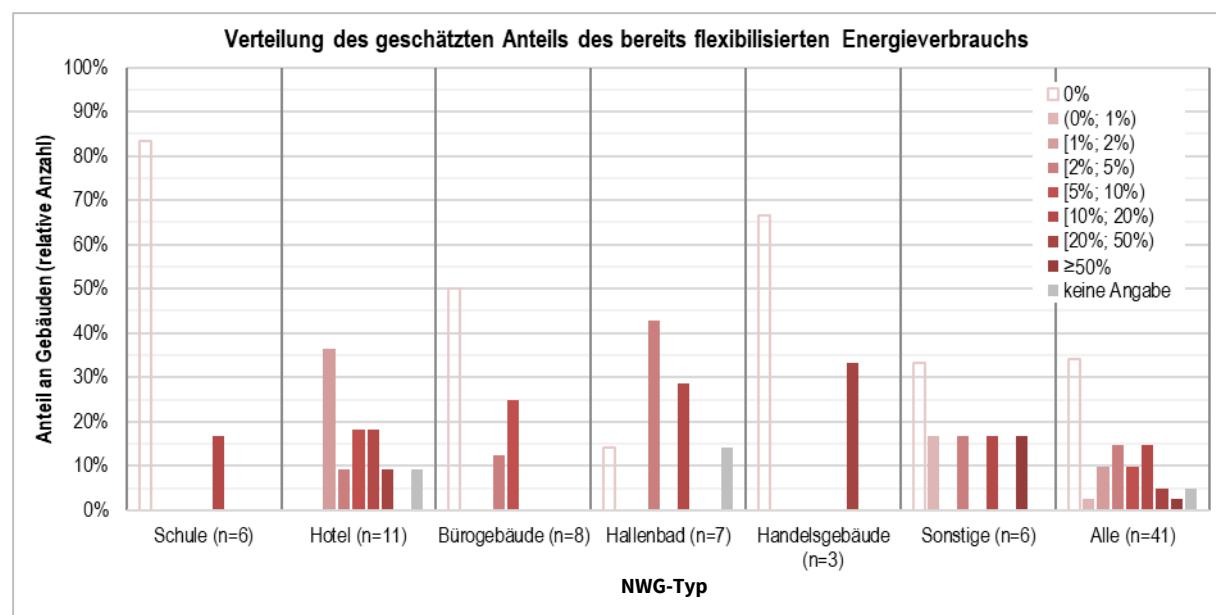


Abbildung 10: Gegenwärtig flexibilisierter Energieverbrauch laut Umfrageergebnissen (Quelle: eigene Darstellung)

Für ca. 58 Prozent der NWG wurde von den Befragten ein Anteil des bereits flexibilisierten Energieverbrauchs von über 0 Prozent angegeben. Eine kombinierte Klasse des bereits flexibilisierten Energieverbrauchs (0 %; 10 %) ergibt einen NWG-Anteil von 37 Prozent – gegenüber einem NWG-Anteil von 15 Prozent für die Klasse des bereits flexibilisierten Energieverbrauchs [10 %; 20 %]. Die Ergebnisse deuten insgesamt darauf hin, dass vorwiegend kleine bis sehr kleine Anteile des Energieverbrauchs derzeit flexibilisiert werden.

Gegenwärtige Nutzung flexibilisierbarer Technologien

Basierend auf den Ergebnissen in der Umfrage zeigt Abbildung 11 die gegenwärtige Nutzung von Technologien in NWG, die grundsätzlich durch technische Maßnahmen flexibilisierbar sind. In der Betrachtung über alle priorisierten NWG-Typen (d. h. Schulen, Hotels, Bürogebäude, Hallenbad und Handelsgebäude) ergeben sich vergleichsweise hohe Anteile für PV-Anlagen, Kälteerzeugung, Ladestationen für Elektrofahrzeuge und BHKW. Zentrale Warmwasseranlagen – als mögliches Indiz für thermische Speicherkapazitäten – werden

ebenfalls oft eingesetzt; sie sind in diesem Kontext allerdings als eine Sekundärtechnologie¹⁶ zu verstehen. Demgegenüber werden Wärmepumpen, elektrochemische Batterien und thermisch aktivierte Bauteile vergleichsweise selten eingesetzt.

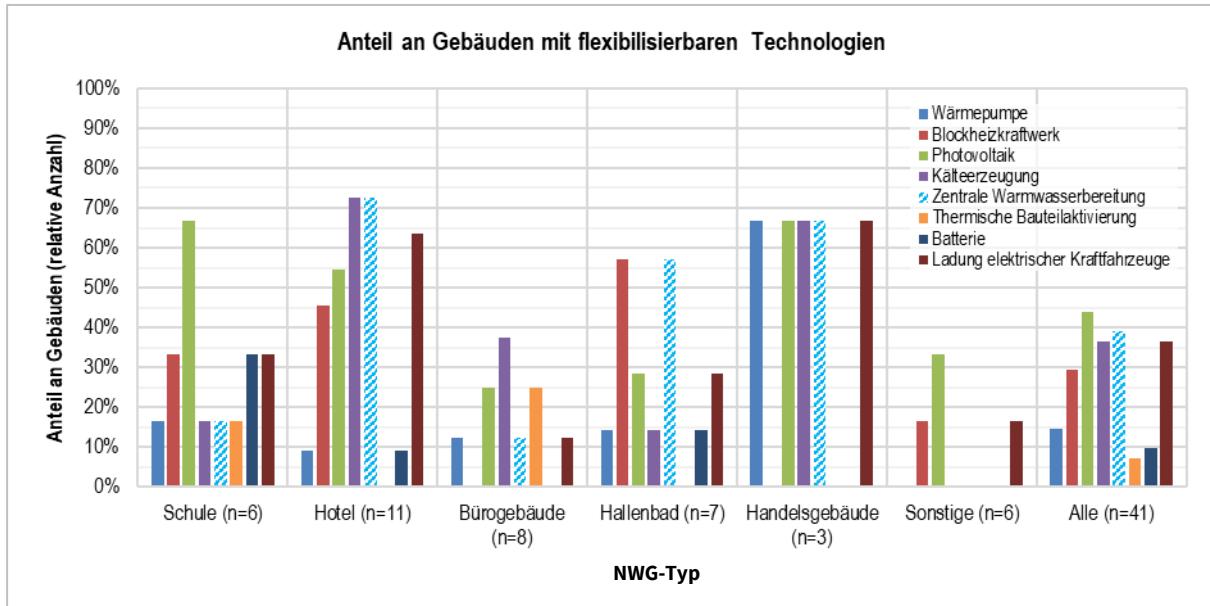


Abbildung 11: Anteil an Gebäuden mit flexibilisierbaren Technologien laut Umfrageergebnissen (Quelle: eigene Darstellung)¹⁷

¹⁶ Mit dem Vorhandensein thermischer Speicherkapazitäten geht nicht zwingend elektrisches Flexibilisierungspotenzial einher. Jedoch können beispielsweise elektrische Wärmeerzeuger durch die Einbindung von thermischen Speichern flexibilisiert werden.

¹⁷ Individuelle Nutzungsanwendungen (Freitextangaben) wurden vereinfachend nicht einbezogen.

5 Kernerkenntnisse und Handlungsempfehlungen

In diesem Kapitel werden die zentralen Erkenntnisse der Studie zusammengefasst und darauf aufbauend konkrete Handlungsempfehlungen abgeleitet. Ziel ist es, die wichtigsten Hemmnisse, Potenziale und Voraussetzungen für die Nutzung von Flexibilisierungsmöglichkeiten im NWG-Sektor zu identifizieren und praxisnahe Ansätze für die weitere Entwicklung aufzuzeigen.

Kernerkenntnis 1: Im NWG-Bereich sind Flexibilisierungspotenziale und deren Mehrwerte in der Praxis noch unzureichend bekannt.

Ein wesentlicher hemmender Faktor für die Verbreitung von EMS mit iMSys(+) zur Nutzung von Flexibilisierungspotenzialen über alle NWG-Typen hinweg ist ein mangelndes Bewusstsein sowie unzureichendes Wissen zum Thema Flexibilisierung. Im Rahmen dieser Studie wurde insbesondere durch die Interviews und die Umfrage deutlich, dass eine klare Differenzierung zwischen Flexibilisierungs- und Effizienzmaßnahmen erforderlich ist. Während Effizienz auf Einsparungen abzielt, geht es bei Flexibilisierung um zeitliche Verschiebungen. Darüber hinaus zeigte sich im Rahmen der Studie, dass für die praktische Umsetzung eine Unterscheidung zwischen technischen Flexibilisierungspotenzialen ohne Einfluss auf das Nutzungsverhalten und solchen mit erforderlichen Nutzungsanpassungen notwendig ist.

Handlungsempfehlungen

- Um Bewusstsein und Wissen zu Flexibilisierungspotenzialen im NWG-Bereich zu stärken, sollten zielgruppenspezifische Informationsformate und -veranstaltungen – insbesondere für Gebäudebetreiberinnen und -betreiber – konzipiert und angeboten werden. Diese Formate sollten verständlich die Ziele und Mehrwerte von Flexibilisierung vermitteln, den Unterschied zwischen Effizienz- und Flexibilisierungsmaßnahmen verdeutlichen und konkrete, praxisnahe Umsetzungshinweise liefern. Eine differenzierte Darstellung zwischen technisch möglichen Flexibilisierungspotenzialen ohne Einfluss auf das Nutzungsverhalten und solchen mit erforderlichen Nutzungsanpassungen ist hierbei wichtig.
- Bei fehlendem internen Fachwissen zu Flexibilisierung in NWG können Gebäudebetreiberinnen und -betreiber externe Dienstleistungsunternehmen mit entsprechender Expertise für eine Beratung und Unterstützung bei der Umsetzung von Flexibilisierungsmaßnahmen hinzuziehen.

Kernerkenntnis 2: Ein zentrales Hemmnis bei der Umsetzung von EMS mit iMSys(+) zur Nutzung von Flexibilisierungspotenzialen ist die Einschätzung von Akteurinnen und Akteuren aus der Praxis, dass der Aufwand die erwarteten Kosteneinsparungen übersteigt; zudem werden häufig andere betriebliche Prioritäten vorrangig behandelt.

Handlungsempfehlungen

- Durch nachvollziehbare, unabhängige Analysen von Kosten und Einsparpotenzialen zur Umsetzung von Flexibilisierungsmaßnahmen lässt sich die Wirtschaftlichkeit transparenter darstellen. Ist ein klarer Business Case vorhanden, so kann auch die Akzeptanz und die betriebliche Priorisierung zur Umsetzung von Flexibilisierungsmaßnahmen erhöht werden.

- Zudem können Gebäudebetreiberinnen und -betreiber die Nutzung von Contracting-Modellen in Erwägung ziehen, um zum einen fehlendem internen Wissen (siehe Kernerkenntnis 1) zu begegnen und hohe Anfangsinvestitionen für die erforderliche technische Ausstattung auszulagern.
- Bei mehreren NWG – etwa verschiedenen kommunalen Liegenschaften – könnte eine übergreifende Strategie zur Nutzung von Flexibilitätspotenzialen entwickelt werden. Ziel ist es, ein ganzheitliches Bild der Flexibilitätspotenziale zu erhalten und diese systematisch zu bewerten. Die Strategie kann dabei als Entscheidungsgrundlage für nächste Schritte dienen und die Priorisierung sowie Planung konkreter Umsetzungsmaßnahmen unterstützen.

Kernerkenntnis 3: Hohe Flexibilisierungspotenziale sind nicht ausschließlich an energieintensive Anlagen in NWG gekoppelt. Wichtig ist auch die Einhaltung von Komfortgrenzen innerhalb der NWG.

Diese Studie zeigt, dass hohe Flexibilisierungspotenziale in NWG nicht ausschließlich mit den höchsten Energieverbräuchen von Anlagen in Verbindung stehen. Energieintensive Anlagen sind häufig betriebskritisch und nur eingeschränkt direkt flexibilisierbar. Bei der Planung und Umsetzung von Flexibilisierungsmaßnahmen ist auch die Einhaltung von Komfortgrenzen, beispielsweise hinsichtlich der Raumtemperatur, von großer Bedeutung.

Handlungsempfehlung

- Akteurinnen und Akteure, die für die Planung und Umsetzung von Flexibilisierungsmaßnahmen verantwortlich sind, sollten zunächst prüfen, inwiefern bestimmte Anlagen mit hohen Energieverbräuchen betriebskritisch sind. Es ist sicherzustellen, dass etwaige Auswirkungen von Flexibilisierungsmaßnahmen auf kritische Betriebsabläufe in tolerierbarem Rahmen bleiben.
- Komfortgrenzen, beispielsweise hinsichtlich der Raumtemperatur, sind grundsätzlich bei der Planung und Umsetzung von Flexibilisierungsmaßnahmen in NWG zu beachten.
- Bei der Umsetzung von Flexibilisierungsmaßnahmen erscheinen NWG mit vorhersehbaren Laständerungen als besonders relevant. Wiederkehrende Lastprofile sind gut prognostizierbar. Eine hohe Vorhersagbarkeit ist zentral, um Flexibilitätsmaßnahmen effizient und zuverlässig zu integrieren.

Kernerkenntnis 4: Trotz moderat verbreiteter GLT in NWG, sind ein umfassendes EMS sowie iMSys(+) häufig noch nicht vorhanden, um Flexibilisierungspotenziale umfassend zu nutzen.

Den Ergebnissen der Studie zufolge ist trotz teilweise vorhandener GLT die gezielte Steuerung von Anlagen zur Nutzung von Flexibilisierungspotenzialen vielerorts noch nicht umsetzbar, da ein umfassendes EMS, iMSys(+) und die übergreifende Anlagensteuerung bislang nicht durchgängig funktionsfähig oder integriert sind. Zudem bestehen für die Nutzung von Flexibilisierungspotenzialen Herausforderungen hinsichtlich der Interoperabilität zwischen iMSys(+), EMS, GLT und Anlage.

Handlungsempfehlungen

- Um den iMSys(+)-Rollout voranzutreiben, sollten sich grundzuständige Messstellenbetreiber auf die Umsetzung der erforderlichen Voraussetzungen hinsichtlich der IT-Systeme sowie der personellen, technischen und organisatorischen Ressourcen und Prozesse konzentrieren, um die Vorgaben des MsBG-Rollouts zu erfüllen. Ebenfalls sollten grundzuständige Messstellenbetreiber den Einbaufällen auf Wunsch der Kundinnen und Kunden nach Möglichkeit nachkommen, um den iMSys(+)-Rollout zu unterstützen. In Kombination mit EMS, GLT und steuerbaren Anlagen unterstützt dies auch die Nutzung von Flexibilisierungspotenzialen.

- Für die Verantwortlichen für Neubau und Sanierung in NWG empfiehlt es sich, bereits in der Planungsphase die erforderliche iMSys(+) -Infrastruktur, EMS und GLT sowie die Steuerbarkeit der Anlagen mitzudenken. Dadurch lassen sich spätere Aufwendungen für Nachrüstungen vermeiden und es wird eine höhere Akzeptanz für die Umsetzung solcher Lösungen geschaffen.
- Die Interoperabilität zwischen iMSys(+), EMS, GLT und Anlagen stellt derzeit eine Herausforderung für die Nutzung von Flexibilisierungspotenzialen dar. Interoperable Plug-and-Play-Lösungen, die Herstellerunabhängigkeit unterstützen, können hier als Zielbild angesehen werden. Dazu ist insbesondere die Anbindung über offene und standardisierte Schnittstellen eine wichtige Voraussetzung.

Kernerkenntnis 5: Im Rahmen dieser Studie wurden insgesamt 14 NWG-Typen genauer betrachtet, von denen 5 NWG-Typen ein hohes Flexibilisierungspotenzial aufweisen können: Bürogebäude, Schulen, Handelsgebäude, Hallenbäder und Hotels.

Die Studie zeigt zudem, dass sich Flexibilisierungspotenziale je nach NWG-Typ und vor allem in Abhängigkeit von der konkreten Anlagenausstattung unterscheiden.

Handlungsempfehlungen

- Marktakteurinnen und -akteure, die Lösungen im NWG-Bereich anbieten, können sich an den NWG-Typen und deren initialer Einschätzung zu den Flexibilisierungspotenzialen orientieren (siehe Abschnitt 2.3.2).
- Für eine präzise Einschätzung des tatsächlichen Flexibilisierungspotenzials und der konkreten Umsetzungsmaßnahmen ist jedoch eine fallspezifische Analyse des jeweiligen NWG erforderlich. Dabei ist es wichtig, die zentralen Rahmenbedingungen (z. B. Temperaturintervalle innerhalb der Komfortgrenzen) sowie die Anlagenausstattung des spezifischen Gebäudes zu berücksichtigen.
- Energiespeicher – sowohl thermische als auch elektrische – können als Hebel zur Erschließung von Flexibilisierungspotenzialen dienen, wobei eine individuelle Wirtschaftlichkeitsprüfung und bei Batteriespeichern die Auswirkungen auf das Gesamtsystem zu beachten sind. So lässt sich beispielsweise durch den Einsatz thermischer Speicher die Flexibilität bei der Wärmebereitstellung erhöhen. Auch das flexible Laden von Elektrofahrzeugen kann zur Hebung von Flexibilisierungspotenzialen beitragen. Dies ist insbesondere in NWG relevant, in denen Personen mit dem Elektrofahrzeug anreisen und sich über längere Zeiträume aufhalten – etwa bei Mitarbeitenden in gewerblichen Bürogebäuden, Hotels oder Handelsimmobilien.

Kernerkenntnis 6: Die Datengrundlage zur Berechnung von Flexibilisierungspotenzialen nach NWG-Typ ist derzeit begrenzt. Es besteht weiterhin Forschungsbedarf – insbesondere in Bezug auf die Quantifizierung des Flexibilisierungspotenzials durch Speichertechnologien.

Obwohl das Thema Flexibilisierungspotenzial an Bedeutung gewinnt, fehlen insbesondere im NWG-Bereich aktuelle Datengrundlagen, um Akteurinnen und Akteure (z. B. Technologieanbieterunternehmen, Beratungsunternehmen) bei Entscheidungen zu unterstützen. Insbesondere sind Daten, aufgeschlüsselt nach NWG-Typ, zum Stand der technischen Anlagen, zur Einbindung von EMS, iMSys(+) und GLT sowie zur energetischen Qualität der Gebäudehülle begrenzt verfügbar. Informationen über die Eigentumsstruktur sowie die Struktur von Investorinnen und Investoren im NWG-Sektor liegen nur teilweise vor. Viele der derzeit verfügbaren Daten sind nicht aktuell und nur dezentral über unterschiedliche Quellen verfügbar. Zudem beziehen sie sich oftmals nur auf ausgewählte NWG-Typen.

Handlungsempfehlungen

- Es sollten weitere Studien im NWG-Bereich durchgeführt werden. Ein besonderer Fokus könnte dabei auf der Quantifizierung der Flexibilitätspotenziale durch Speichertechnologien liegen – differenziert nach NWG-Typen – sowie deren Auswirkungen auf das Gesamtsystem.
- Die Verbesserung der Datengrundlage im NWG-Bereich auf nationaler Ebene sollte weiterhin unterstützt werden, zum Beispiel durch die (Weiter-)Entwicklung und stetige Aktualisierung einer zentralen nationalen NWG-Datenbank. Neben den im Energieausweis enthaltenen Daten (wie NWG-Typ, Baualter, NGF, Anlagentechnik, Energiebedarfe und Eigenproduktion) könnten zum Beispiel Angaben zu den eingebauten GLT, SteuVE und Speicherkapazitäten sowie zum bereits flexibilisierten Energieverbrauch (Umfang und Zeitfenster) erfasst werden.

6 Fazit

Die Studie zielt darauf ab, Potenziale – insbesondere Flexibilisierungspotenziale – verschiedener NWG-Typen unter Einbindung von EMS mit iMSys(+) zu erfassen. Vor dem Hintergrund der gesetzlichen Verpflichtung zum iMSys(+) Rollout gemäß MsbG sowie der Relevanz von NWG wurden eine Literaturrecherche, Expertinnen- und Experteninterviews sowie eine Umfrage durchgeführt. Die Studie zeigt, dass der NWG-Bereich grundsätzlich ein Flexibilisierungspotenzial unter Einbindung von EMS mit iMSys(+) aufweist, wodurch sowohl Kosten einsparungen durch Reaktionen auf flexible Preissignale erzielt als auch neues Wissen über die Lastprofile generiert werden können.

Im NWG-Bereich bestehen allerdings noch verschiedene Hemmnisse hinsichtlich Flexibilisierungspotenzialen und deren Umsetzung. Gemäß den Studienergebnissen sind im NWG-Bereich Flexibilisierungspotenziale und deren Mehrwerte in der Praxis noch unzureichend bekannt. Ein weiteres Hemmnis bei der Umsetzung dieser Potenziale unter Einbezug von EMS mit iMSys(+) ist zudem die Einschätzung von Akteurinnen und Akteuren aus der Praxis, dass der Aufwand die erwarteten Kosteneinsparungen übersteigt. Zudem werden häufig andere betriebliche Prioritäten vorrangig behandelt. Bezüglich der technischen Infrastruktur wird deutlich, dass trotz moderat verbreiteter GLT in NWG häufig ein umfassendes EMS mit iMSys(+) sowie eine übergreifende Integration der Anlagensteuerung nicht vorhanden sind, um Flexibilisierungspotenziale zu nutzen.

Im Rahmen dieser Studie wurden insgesamt 14 NWG-Typen genauer betrachtet, von denen 5 NWG-Typen ein hohes Flexibilisierungspotenzial aufweisen können: gewerbliche Bürogebäude, Schulen, Handelsgebäude, Hallenbäder und Hotels. Bei der Umsetzung von Maßnahmen zur Flexibilisierung ist zu beachten, dass sich Potenziale je nach NWG-Typ und vor allem in Abhängigkeit der konkreten Anlagenausstattung unterscheiden. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass hohe Flexibilisierungspotenziale nicht ausschließlich an energieintensive Anlagen in NWG gekoppelt sind, da solche Anlagen häufig betriebskritisch und nur eingeschränkt flexibilisierbar sind. Wichtig ist zudem die Einhaltung von Komfortgrenzen (z. B. Temperaturintervalle) innerhalb der NWG, die bei der Planung und Umsetzung von Flexibilisierungsmaßnahmen zu berücksichtigen sind.

Die Studie identifiziert zudem zentrale Handlungsempfehlungen. Das sind bestehende Hemmnisse, die zu überwinden sind, wie: der Aufbau und Ausbau von Informationsangeboten zu Flexibilisierungspotenzialen und deren Umsetzung in NWG; die transparente Darstellung von Business Cases zur Umsetzung von Flexibilitätsmaßnahmen; das frühzeitige Planen von EMS mit iMSys(+) bei Neubau und Sanierung sowie das generelle Vorantreiben des iMSys(+) Rollouts. Dezentrale Anlagen wie Ladesäulen, Wärmepumpen und Speicher können grundsätzlich zur Hebung von Flexibilisierungspotenzialen beitragen. Für eine präzise Einschätzung des tatsächlichen Flexibilisierungspotenzials und der konkreten Umsetzungsmaßnahmen ist jedoch eine fallspezifische Analyse des jeweiligen NWG erforderlich. Dabei ist es wichtig, die zentralen Rahmenbedingungen (z. B. Temperaturintervalle innerhalb der Komfortgrenzen) sowie die Anlagen und deren betriebskritische Aspekte zu berücksichtigen.

Zukünftig könnten zudem Entwicklungen wie dynamische Wärmetarife und bidirektionales Laden neue Flexibilisierungspotenziale erschließen, wobei geeignete regulatorische Rahmenbedingungen unterstützend wirken können.

Anhang 1: Merkblätter relevanter NWG-Typen

Das Muster-Merkblatt enthält Informationen zu wesentlichen Quellen und methodischen Vorgehensweisen:

NWG-Hauptkategorie		
Kurzbeschreibung		
Gesamtwirtschaftliche Einordnung		
Zahl NWG und Anteil der NWG an der Gesamtzahl aller NWG in Deutschland (IWU 2022a)	Nettogenamtfläche (NGF) (m ²) und Anteil der NGF an der Gesamt-NGF aller NWG in Deutschland (IWU 2022a)	Gesamtenergieverbrauch im Jahr (TWh/a) Eigene Berechnung. Datenquelle: IWU 2021; BBSR 2021.
Typische Merkmale		
Mittlere Gebäudefläche (NGF in m ²) (IWU, 2022a)	Typischer Endenergieverbrauch pro Jahr (kWh/m ² a) Eigene Berechnung. Datenquelle: BBSR 2021.	
Typische Geschäfts- und Betriebsmodelle Datenquelle: IWU 2022a. - überwiegende Gebäudenutzerinnen und -nutzer - Verantwortliche für die Bewirtschaftung		
Lastprofile & Nutzungsdauer Falls Informationen vorliegend: qualitative Einordnung anhand der Literaturrecherche und Abbildung typischer normierter Lastprofile (y-Achse) über 24 Stunden eines typischen Betriebstages (x-Achse) je NWG-Unterkategorie von dem Gebäudesoftware-Entwickler nPro (nPro 2025).	Flexibilisierungspotenziale Qualitative Einordnung der wesentlichen Flexibilisierungspotenziale je Gebäudedienst auf Basis der Herausarbeitung der adressierbaren Gebäudefunktionalitäten (Abschnitt 2.1.3).	
Stand der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik und der Gebäudeautomation Falls Informationen vorliegend: qualitative Einordnung anhand der Literaturrecherche zu folgenden Aspekten: - verbaute Mess- und Steuerungstechnik - Spannungsebene des Anschlusses - Bilanzierungsart (Standardlastprofile (SLP)/ registrierende Leistungsmessung (RLM)) - Art des Stromvertrages (statisch/dynamisch/individuell)		
Hierfür wurden folgende Quellen ausgewertet: - BBSR 2024. (allgemeine Anforderungen) - Kühnebach, Matthias et al. 2024. (Potenziale durch Ladestationen) - Mittreiter, Annedore et al. 2023. (Auswertung der untersuchten Standort-Typen, S. 49) - Auer et al. 2022. (Beispiel Schulcampus Aschheim) - BMWi 2021. (Auswertung von Beispielgebäuden anhand der SRI-methodik) - Dehli 2020. (Umfassende Übersicht der Flexibilisierungsoptionen im GH-Sektor je Gebäudedienste) - Auer et al. 2019. (reale Datenquellen eines Büros und einer Hochschule 5.1)		

Teilenergiekennwerte (kWh/m ² a)		
	NWG-Unterkategorie 1	NWG-Unterkategorie 2
Heizung	BBSR 2021	BBSR 2021
Kühlung	BBSR 2021	BBSR 2021
Warmwasseraufbereitung	BBSR 2021	BBSR 2021
Lüftung	BBSR 2021	BBSR 2021
Beleuchtung	BBSR 2021	BBSR 2021
Hilfsenergie (Kühlkälte)	BBSR 2021	BBSR 2021
Be- und Entfeuchtung	BBSR 2021	BBSR 2021

Büro-, Verwaltungs- oder Amtsgebäude

Diese Gebäude machen **18 Prozent** der NGF aller NWG aus und tragen aufgrund ihrer weiten Verbreitung und intensiven Nutzung wesentlich zum Gesamtenergieverbrauch bei. Hauptsächlich werden sie werktags von 8:00 bis 18:00 Uhr genutzt mit hohen Lasten für Beleuchtung, Heizung, Kühlung und Büroausstattung während dieser Zeiten. Der Energiebedarf korreliert stark mit den Arbeitszeiten und sinkt außerhalb der Geschäftszeiten deutlich. Die Gebäudeautomation und das Energiemanagement sind i. d. R. gut entwickelt, oft mit modernen Systemen zur Steuerung von Beleuchtung, Klima und Zugangskontrolle.

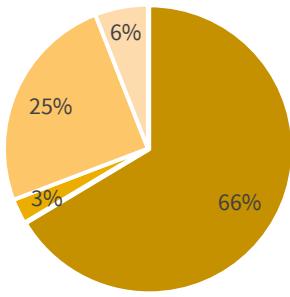
Gesamtwirtschaftliche Einordnung

Zahl Gebäude	Nettogenamtfläche (NGF)	Gesamtenergieverbrauch
306,9 Tsd. – 15 %	492,1 Mio. m ² – 18 %	41,6 TWh/a

Typische Merkmale

Mittlere Gebäudefläche	Mittlerer Endenergieverbrauch
1.749,7 m ²	84,55 kWh/m ² a

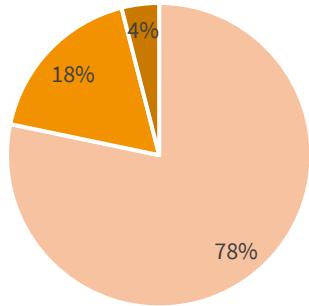
Überwiegende Gebäudenutzerinnen u. -nutzer



- Rechtliche Eigentümerin oder Eigentümer

- Wirtschaftliche Eigentümerin oder Eigentümer (Leasingnehmende oder Personen mit Nießbrauchrecht)
- Hauptmieterin oder Hauptmieter / Pächterin oder Pächter (> 50 % der Mietfläche)
- Mehrere Mieterinnen und Mieter / Pächterinnen und Pächter (< 50 % der Mietfläche)

Verantwortliche für die Bewirtschaftung

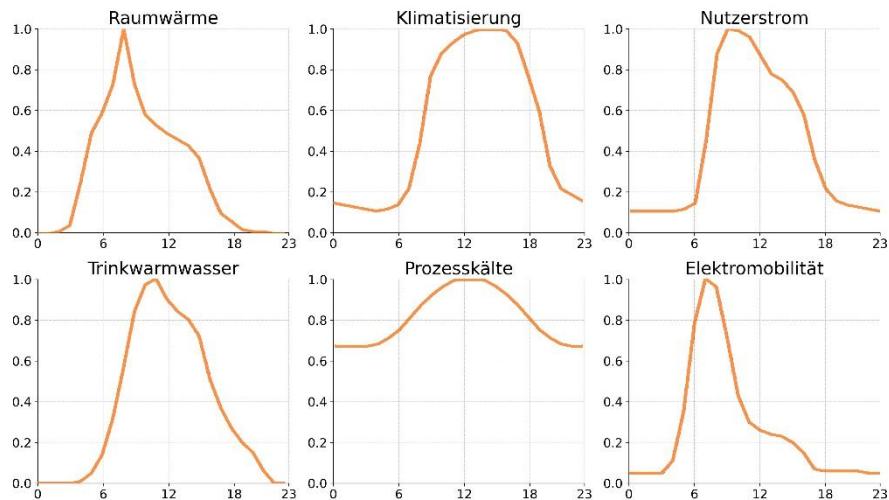


- Rechtliche Eigentümerin oder Eigentümer

- Wirtschaftliche Eigentümerin oder Eigentümer oder Mieterin oder Mieter / Pächterin oder Pächter
- Rechtlich selbstständige Dienstleisterin oder Dienstleister

Lastprofile & Nutzungsdauer

Büroähnliche Gebäude haben Lastprofile, die von den typischen Arbeitszeiten geprägt sind, mit Nutzung hauptsächlich werktags von 8:00 bis 18:00 Uhr. Spitzenlasten treten zwischen 9:00 und 11:00 Uhr sowie 14:00 und 16:00 Uhr auf, verursacht durch Beleuchtung, HLK- und Bürogeräte. Außerhalb der Arbeitszeiten sinkt der Energieverbrauch deutlich. Die Energiebedarfe korrelieren stark mit der Anwesenheit der Mitarbeitenden.



Normiertes typisches Lastprofil, NWG-Typ Büro (an Arbeitstagen)

Flexibilisierungspotenziale

Der Energiebedarf von Bürogebäuden wird durch Wärmeerzeugung dominiert. Weitere wesentliche Anteile entfallen auf Beleuchtung, teils Warmwasseraufbereitung und Kälteerzeugung.

Elektrische Wärme- und Kälteerzeugung sind i. d. R. gut flexibilisierbar. Pufferspeicher sowie thermische Trägheiten wasserführender Anlagen und der Bauwerksmasse erlauben eine gewisse zeitliche und leistungsmäßige Entkopplung zwischen Energiebereitstellung und Bedarfsdeckung. Gegenwärtig entfällt der Großteil dieses thermischen Flexibilisierungspotenzials auf Wärme; mittel- und langfristig wird von wachsendem Flexibilisierungspotenzial der Kälteerzeugung ausgegangen.

Für Nutzungsanwendungen, insbesondere elektrische Büroausstattung, sowie Beleuchtung besteht üblicherweise kein nennenswertes technologisches Flexibilisierungspotenzial ohne Nutzungseinschränkungen. Jedoch können zur Nutzung von Effizienzpotenzialen möglichst energiesparende Ausführungen und Betriebsweisen (z. B. Zeitsteuerung/Anwesenheitskontrolle und tageslichtabhängige Helligkeitssteuerung o. .) dabei helfen, Lasten von vornherein zu senken.

Für Bürogebäude mit einer hohen Anzahl an Personalparkplätzen mit Ladestationen ist ebenfalls ein Flexibilisierungspotenzial denkbar. Hierbei können Ladevorgänge innerhalb größerer Zeitfenster (Arbeitstag) an Preissignalen ausgerichtet werden.

Stand der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik und der Gebäudeautomation

Büroähnliche Gebäude sind i. d. R. an das Niederspannungsnetz angeschlossen und nutzen zunehmend mME, um den Energieverbrauch effizient zu erfassen und zu steuern. Gebäudemanagementsysteme sind in dieser Kategorie üblich, um Gebäudedienste wie Heizung, Lüftung und Beleuchtung zentral zu steuern.

Die Bilanzierung des Energieverbrauchs geschieht oft über SLP oder RLM, abhängig vom Verbrauch des Gebäudes. Üblicherweise werden statische Stromverträge abgeschlossen, wobei größere Unternehmen auch individuelle Vereinbarungen treffen können.

Verwaltungsgebäude (vorwiegend in kommunalem Besitz) sind meist kleinere bis mittlere Einrichtungen mit einem geringeren Niveau der Gebäudeautomation. Dagegen variieren Großraumbüros stark in ihrer Größe und weisen höhere Energieverbräuche auf, insbesondere durch intensive Heizung, Lüftung, Beleuchtung und ggf. Klimatisierung großer Flächen. Daher können Großraumbüros von individuellen Stromverträgen und speziellen Tarifstrukturen profitieren.

Teilenergiekennwerte (kWh/m ² a)		
	Verwaltungs- und Amtsgebäude	Großraumbüros
Heizung	48,5	47,3
Kühlung	2,6	6,0
Warmwasseraufbereitung	6,9	12,8
Lüftung	3,2	7,3
Beleuchtung	10,7	16,6
Hilfsenergie (Kühlkälte)	3,1	4,3
Be- und Entfeuchtung	0,1	0,0

Gebäude für Forschung und Hochschullehre

Mit einem Anteil von 2 Prozent an der NGF haben diese Gebäude trotz geringer Fläche einen hohen spezifischen Energieverbrauch aufgrund spezialisierter Ausrüstung und langer täglicher Nutzungszeiten. Sie werden variabel genutzt, auch abends und am Wochenende, mit hohen Anforderungen an Lüftung, Klimatisierung und Laborversorgung. Es bestehen konstante hohe Energiebedarfe für Laborgeräte und IT-Infrastruktur. Die Gebäudeautomation ist hoch entwickelt, um komplexe technische und sicherheitsrelevante Anforderungen zu erfüllen.

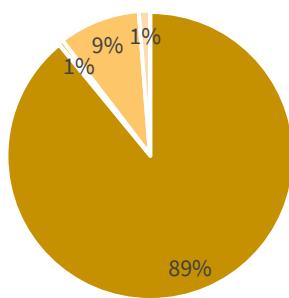
Gesamtwirtschaftliche Einordnung

Zahl Gebäude	Nettogesamtfläche (NGF)	Gesamtenergieverbrauch
23 Tsd. – 1 %	68,4 Mio. m ² – 2 %	7,1 TWh/a (Berechnung)

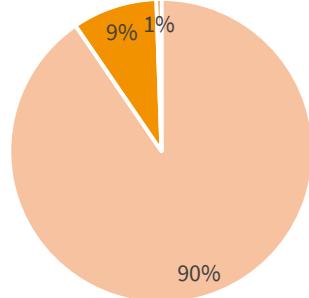
Typische Merkmale

Mittlere Gebäudefläche	Mittlerer Endenergieverbrauch
3117,9 m ²	103,2 kWh/m ² a

Überwiegende Gebäudenutzerinnen u. -nutzer



Verantwortliche für die Bewirtschaftung



Lastprofile & Nutzungsdauer

Diese Gebäude weisen komplexe Lastprofile auf, geprägt durch längere und unregelmäßige Nutzungszeiten, einschließlich möglichem 24/7-Betrieb in Forschungslaboren und Bibliotheken. Hohe Energiebedarfe entstehen durch Laborgeräte, kontinuierlich laufende HLK-Systeme und IT-Infrastruktur, was zu konstanten Grundlasten führt. Spitzenlasten treten unregelmäßig auf und sind abhängig von Lehr- und Forschungsaktivitäten sowie Veranstaltungen. Insgesamt zeigen die Lastprofile weniger tageszeitliche Schwankungen als bei Bürogebäuden.

Flexibilisierungspotenziale

Der Energiebedarf von Hochschulgebäuden wird wesentlich durch Wärmeerzeugung dominiert. Weitere wesentliche Anteile entfallen auf Warmwasseraufbereitung und Beleuchtung.

Bei der elektrischen Wärmeerzeugung besteht grundsätzlich Flexibilisierungspotenzial. Pufferspeicher sowie thermische Trägheiten wasserführender Anlagen und der Bauwerksmasse erlauben eine gewisse zeitliche und leistungsmäßige Entkopplung zwischen Energiebereitstellung und Bedarfsdeckung.

Die Flexibilisierung des Betriebs von energieintensiver Laborausstattung bzw. Versuchsständen kann erwogen werden, sofern deren Betrieb grundsätzlich zeitflexibel ist.

Beleuchtung ist ohne Nutzungseinschränkungen kaum direkt flexibilisierbar. Jedoch können zur Nutzung von Effizienzpotenzialen möglichst energiesparende Ausführungen und Betriebsweisen (z. B. Zeitsteuerung/Anwesenheitskontrolle und tageslichtabhängige Helligkeitssteuerung o. Ä.) dabei helfen, Lasten von vornherein zu senken.

Stand der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik und der Gebäudeautomation

Hochschulen und Forschungseinrichtungen verfügen teilweise über komplexe Mess- und Steuerungssysteme, die den speziellen Anforderungen von Laboren und technischen Anlagen gerecht werden. Sie sind an das Niederspannungsnetz oder, bei hohem Energiebedarf, an das Mittelspannungsnetz angeschlossen.

Bei einem Verbrauch von über 100.000 kWh wird die RLM-Bilanzierung vorgenommen und Spitzenlasten werden i. d. R. in den Netzentgelten berücksichtigt. Oft bestehen individuelle Stromverträge, die den besonderen Bedarf der Einrichtungen angepasst sind.

Teilenergiennwerte (kWh/m²a)

	Hochschulen und Forschung
Heizung	66,5
Kühlung	3,4
Warmwasseraufbereitung	12,8
Lüftung	7,3
Beleuchtung	11,0
Hilfsenergie (Kühlkälte)	2,2
Be- und Entfeuchtung	0,0

Gebäude für Gesundheit und Pflege

Diese Kategorie umfasst 7 Prozent der NGF und hat aufgrund des 24/7-Betriebs einen hohen Energieverbrauch. Rund um die Uhr genutzt, weisen diese Gebäude konstante hohe Energiebedarfe für Lüftung, Beleuchtung, medizinische Geräte und Warmwasser auf. Hohe Anforderungen an Lufthygiene und Temperaturkomfort sowie komplexe technische Abläufe erfordern eine fortschrittliche Gebäudeautomation und ein effektives Energiemanagement, um kritische Systeme zu überwachen und die Energieeffizienz zu steigern.

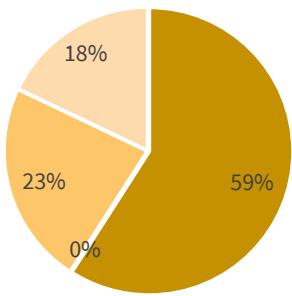
Gesamtwirtschaftliche Einordnung

Zahl Gebäude	Nettogenesamtfläche (NGF)	Gesamtenergieverbrauch
62,8 Tsd. – 3 %	182,5 Mio. m ² – 7 %	21,7 TWh/a

Typische Merkmale

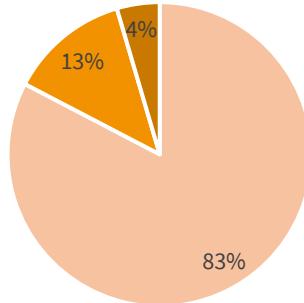
Mittlere Gebäudefläche	Mittlerer Endenergieverbrauch
3019,6 m ²	119,05 kWh/m ² a

Überwiegende Gebäudenutzerinnen u. -nutzer



- Rechtliche Eigentümerin oder Eigentümer
- Wirtschaftliche Eigentümerin oder Eigentümer
(Leasingnehmende oder Personen mit Nießbrauchrecht)
- Hauptmieterin oder Hauptmieter / Pächterin oder Pächter (> 50 % der Mietfläche)
- Mehrere Mieterinnen und Mieter / Pächterinnen und Pächter (< 50 % der Mietfläche)

Verantwortliche für die Bewirtschaftung

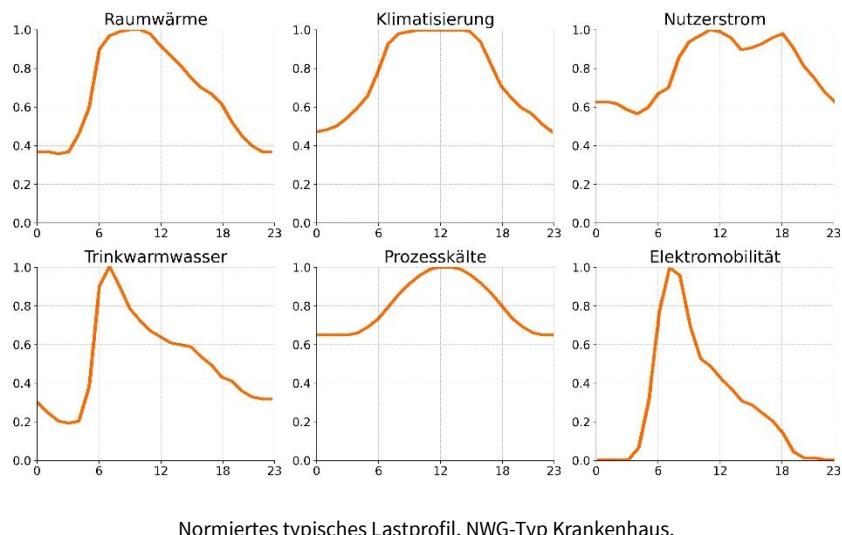


- Rechtliche Eigentümerin oder Eigentümer
- Wirtschaftliche Eigentümerin oder Eigentümer oder Mieterin oder Mieter / Pächterin oder Pächter
- Rechtlich selbstständige Dienstleisterin oder Dienstleister

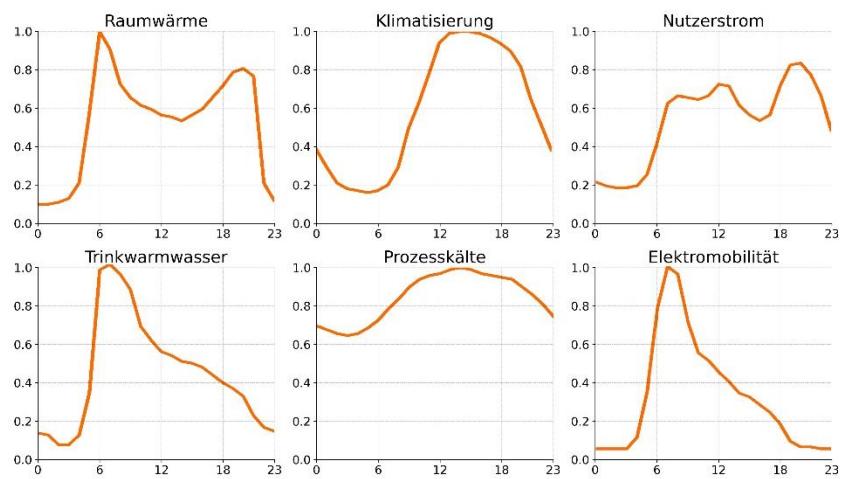
Lastprofile & Nutzungsdauer

Krankenhäuser haben aufgrund ihres durchgehenden 24/7-Betriebs kontinuierlich hohe Energiebedarfe. Verbrauchsintensiv sind insbesondere medizinische Geräte, HLK-Systeme für die Gewährleistung der Lufthygiene und des Temperaturkomforts. Die Lastprofile zeigen konstante Grundlasten mit minimalen Schwankungen, da die Patientenversorgung und der Betrieb wichtiger Systeme grundsätzlich nicht unterbrochen werden.

Pflegeheime weisen ebenfalls einen 24/7-Betrieb auf, jedoch mit moderateren Energiebedarfen als Krankenhäuser. Verbrauchsintensiv sind hauptsächlich Heizung, Warmwasseraufbereitung und Beleuchtung für Wohnbereiche. Die Lastprofile zeigen weniger ausgeprägte Spitzen und eine etwas geringere Grundlast, da weniger energieintensive medizinische Geräte eingesetzt werden.



Normiertes typisches Lastprofil, NWG-Typ Krankenhaus.



Normiertes typisches Lastprofil, NWG-Typ Pflegeheim.

Typische Flexibilisierungspotenziale

Der Energiebedarf von Krankenhäusern und Pflegeeinrichtungen wird durch Wärmeerzeugung und Warmwasseraufbereitung dominiert. Weitere wesentliche Anteile entfallen auf Beleuchtung, teils Belüftung, teils Kälte.

Bei der elektrischen Wärme- und Kälteerzeugung besteht grundsätzlich Flexibilisierungspotenzial. Pufferspeicher sowie thermische Trägheiten wasserführender Anlagen und der Bauwerksmasse erlauben eine gewisse zeitliche und leistungsmäßige Entkopplung zwischen Energiebereitstellung und Bedarfsdeckung. Gegenwärtig entfällt der Großteil dieses thermischen Flexibilisierungspotenzials auf Wärme; mittel- und langfristig wird von wachsendem Flexibilisierungspotenzial der Kälteerzeugung ausgegangen.

Die Nutzung von KWK-/Notstromsystemen zur Umsetzung von Flexibilisierungspotenzialen scheint unter geltenden Rahmenbedingungen nicht praktikabel, da diese häufig betriebskritischen Systeme und/oder notwendige Reservekapazitäten bereitstellen.

Beleuchtung und Belüftung sind ohne Nutzungseinschränkungen kaum flexibilisierbar. Jedoch können zur Nutzung von Effizienzpotenzialen möglichst energiesparende Ausführungen und Betriebsweisen (z. B. Zeitsteuerung/Anwesenheitskontrolle und tageslichtabhängige Helligkeitssteuerung o. Ä.) dabei helfen, Lasten von vornherein zu senken.

Stand der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik und der Gebäudeautomation

Gesundheits- und Pflegeeinrichtungen verfügen über i. d. R. über Mess- und Steuerungssysteme, um die Versorgung der kritischen Infrastruktur und ein angemessenes Innenraumklima sicherzustellen. Sie sind sowohl an die Niederspannungs- als auch an die Mittelspannungsnetze angeschlossen. Bilanzierung erfolgt meist über RLM. Bei größeren Einrichtungen sind individuelle Stromverträge üblich.

Krankenhäuser haben aufgrund energieintensiver medizinischer Anlagen und für die Sicherstellung der durchgehenden Energieversorgung einen besonders hohen Energiebedarf. Sie nutzen daher fast immer individualisierte EMS-Lösungen. Dagegen können Pflegeheime, sowie Kur-, Reha- und Genesungseinrichtungen aufgrund etwas geringerer technischer Anforderungen und Sicherheitsrisiken mit standardisierten EMS-Lösungen betrieben werden.

Teilenergiekennwerte (kWh/m²a)

	Krankenhäuser	Pflegeheime
Heizung	64,1	59,4
Kühlung	1,7	0,9
Warmwasseraufbereitung	40,8	22,1
Lüftung	10,4	6,0
Beleuchtung	15,8	14,6
Hilfsenergie (Kühlkälte)	1,6	0,7
Be- und Entfeuchtung	0,0	0,0

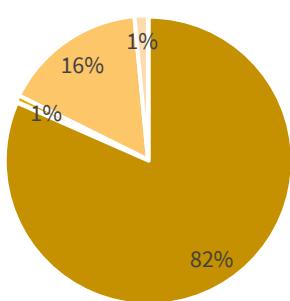
Schule, Kindertagesstätte und sonstiges Betreuungsgebäude

Mit 10 Prozent der NGF aller NWG haben diese Gebäude einen moderaten Gesamtenergieverbrauch, der stark von den Nutzungszeiten beeinflusst wird. Sie werden hauptsächlich an Wochentagen tagsüber genutzt, mit Spitzenlasten für Heizung und Lüftung während der Unterrichtszeiten. Außerhalb dieser Zeiten ist der Energiebedarf gering. Die Gebäudeautomation ist oft weniger entwickelt, jedoch wächst das Interesse an moderner Steuerungstechnik. Zudem sind Energieeffizienzmaßnahmen für Schulen interessant.

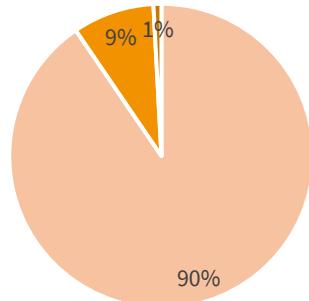
Gesamtwirtschaftliche Einordnung

Zahl Gebäude	Nettogenesamtfläche (NGF)	Gesamtenergieverbrauch
153,6 Tsd. – 8 %	271,2 Mio. m ² – 10 %	21,6 TWh/a
Typische Merkmale		
Mittlere Gebäudefläche 1797,5 m ²		Mittlerer Endenergieverbrauch 79,6 kWh/m ² a

Überwiegende Gebäudenutzerinnen u. -nutzer Verantwortliche für die Bewirtschaftung



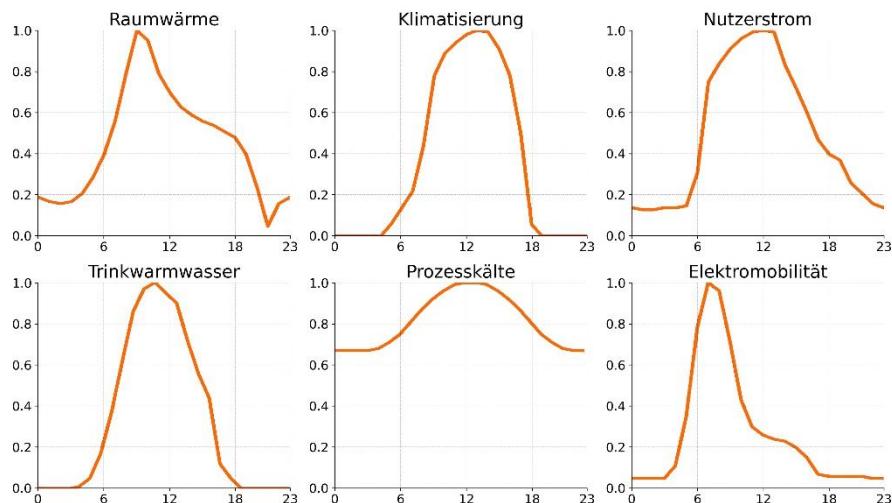
- Rechtliche Eigentümerin oder Eigentümer
- Wirtschaftliche Eigentümerin oder Eigentümer
(Leasingnehmende oder Personen mit Nießbrauchrecht)
- Hauptmieterin oder Hauptmieter / Pächterin oder Pächter (> 50 % der Mietfläche)
- Mehrere Mieterinnen und Mieter / Pächterinnen und Pächter (< 50 % der Mietfläche)



- Rechtliche Eigentümerin oder Eigentümer
- Wirtschaftliche Eigentümerin oder Eigentümer oder Mieterin oder Mieter / Pächterin oder Pächter
- Rechtlich selbstständige Dienstleisterin oder Dienstleister

Lastprofile & Nutzungsdauer

Die Lastprofile sind klar durch die Präsenzzeiten geprägt, mit Hauptnutzungszeiten werktags von 7:00 bis 16:00 Uhr. Energiebedarfe entstehen durch Beleuchtung, HLK-Systeme und IT-Ausstattung während der Präsenzzeiten. Spitzenlasten treten zwischen 8:00 und 14:00 Uhr auf, danach sinkt der Energieverbrauch deutlich. Die Lastprofile zeigen ausgeprägte tageszeitliche Schwankungen und sehr niedrige Lasten außerhalb der Betriebszeiten.



Normiertes typisches Lastprofil, NWG-Typ Schule.

Typische Flexibilisierungspotenziale

Der Energiebedarf von Schulen und ähnlichen Einrichtungen wird durch Wärmeerzeugung und teils Warmwasseraufbereitung dominiert. Weitere nennenswerte Anteile können auf Beleuchtung und Belüftung entfallen.

Bei der elektrischen Wärme- und Kälteerzeugung besteht grundsätzlich Flexibilisierungspotenzial. Pufferspeicher sowie thermische Trägheiten wasserführender Anlagen und der Bauwerksmasse erlauben eine gewisse zeitliche und leistungsmäßige Entkopplung zwischen Energiebereitstellung und Bedarfsdeckung. Gegenwärtig entfällt der Großteil dieses thermischen Flexibilisierungspotenzials auf Wärme; mittel- und langfristig wird von wachsendem Flexibilisierungspotenzial der Kälteerzeugung ausgegangen.

Beleuchtung ist ohne Nutzungseinschränkungen kaum flexibilisierbar. Jedoch können zur Nutzung von Effizienzpotenzialen möglichst energiesparende Ausführungen und Betriebsweisen (z. B. Zeitsteuerung/Anwesenheitskontrolle und tageslichtabhängige Helligkeitssteuerung o. Ä.) dabei helfen, Lasten von vornherein zu senken.

Stand der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik und der Gebäudeautomation

Schulen und Kindertagesstätten sind typischerweise an die Niederspannungsebene angeschlossen und nutzen herkömmliche Zählertechnik. Ein iMSys(+) ist selten verbaut. Neue fertiggestellte Einrichtungen setzen zunehmend einfache Gebäudeautomationssysteme ein, um Heizung und Beleuchtung effizient zu steuern.

Der Energieverbrauch ist meist konstant und vorhersehbar. Die Bilanzierung geschieht meist über SLP. Oft werden statische Stromverträge abgeschlossen.

Während Schulen häufig einen höheren Energieverbrauch aufweisen und über größere Gebäude mit zusätzlichen Einrichtungen (z. B. Turnhallen, Veranstaltungsräume, teilweise Labore) verfügen, sind Kindertagesstätten kleiner und haben i. d. R. einen geringeren Energiebedarf. Schulen können daher von verbesserten Automationssystemen und intelligenten EMS eher profitieren.

Teilenergiekennwerte (kWh/m²a)

	Schulen	Kitas
Heizung	49,3	50,4
Kühlung	0,3	0,1
Warmwasseraufbereitung	22,4	17,3
Lüftung	3,9	4,2
Beleuchtung	5,5	5,5
Hilfsenergie (Kühlkälte)	0,2	0,1
Be- und Entfeuchtung	0,0	0,0

Gebäude für Kultur & Freizeit

Diese Kategorie macht 4 Prozent der NGF aller NWG aus, wobei der Energieverbrauch je nach Art und Größe der Einrichtung variiert. Die Nutzung konzentriert sich häufig auf Abende und Wochenenden. Es bestehen eher variable Verbrauchsmuster zwischen veranstaltungsfreien und -intensiven Zeiten. Hohe Lasten können während Veranstaltungen für intensive Beleuchtung, Tontechnik und Klimatisierung entstehen. Der Stand der Technik zur Gebäudeautomation ist unterschiedlich ausgeprägt.

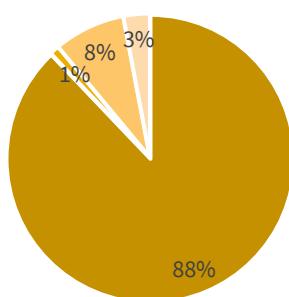
Gesamtwirtschaftliche Einordnung

Zahl Gebäude	Nettогesamtfläche (NGF)	Gesamtenergieverbrauch
140,7 Tsd. – 7 %	119,8 Mio. m ² – 4 %	9,9 TWh/a

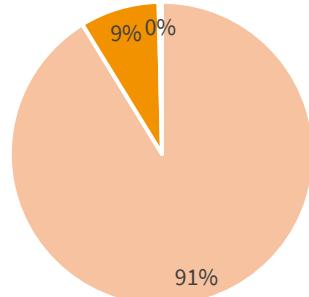
Typische Merkmale

Mittlere Gebäudefläche	Mittlerer Endenergieverbrauch
936,0 m ²	82,6 kWh/m ² a

Überwiegende Gebäudenutzerinnen u. -nutzer Verantwortliche für die Bewirtschaftung



- Rechtliche Eigentümerin oder Eigentümer
- Wirtschaftliche Eigentümerin oder Eigentümer (Leasingnehmende oder Personen mit Nießbrauchrecht)
- Hauptmieterin oder Hauptmieter / Pächterin oder Pächter (> 50 % der Mietfläche)
- Mehrere Mieterinnen und Mieter / Pächterinnen und Pächter (< 50 % der Mietfläche)



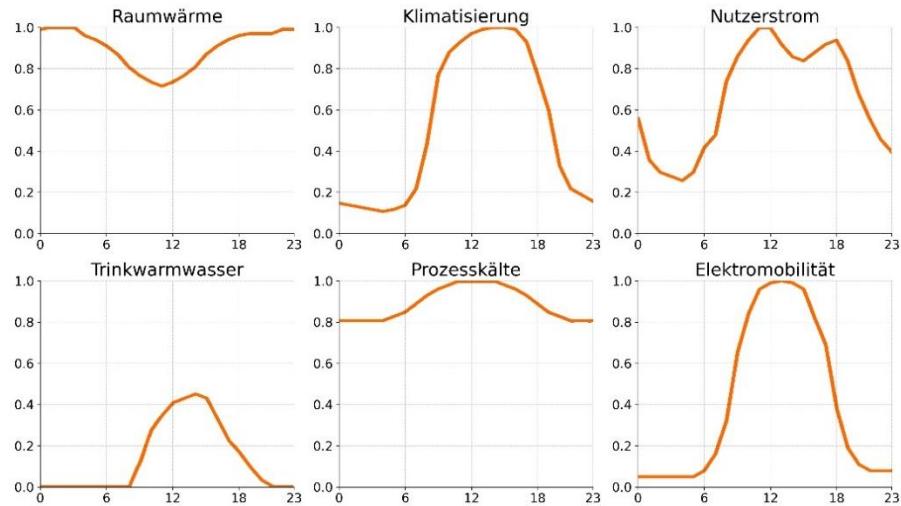
- Rechtliche Eigentümerin oder Eigentümer
- Wirtschaftliche Eigentümerin oder Eigentümer oder Mieterin oder Mieter / Pächterin oder Pächter
- Rechtlich selbstständige Dienstleisterin oder Dienstleister

Lastprofile & Nutzungsdauer

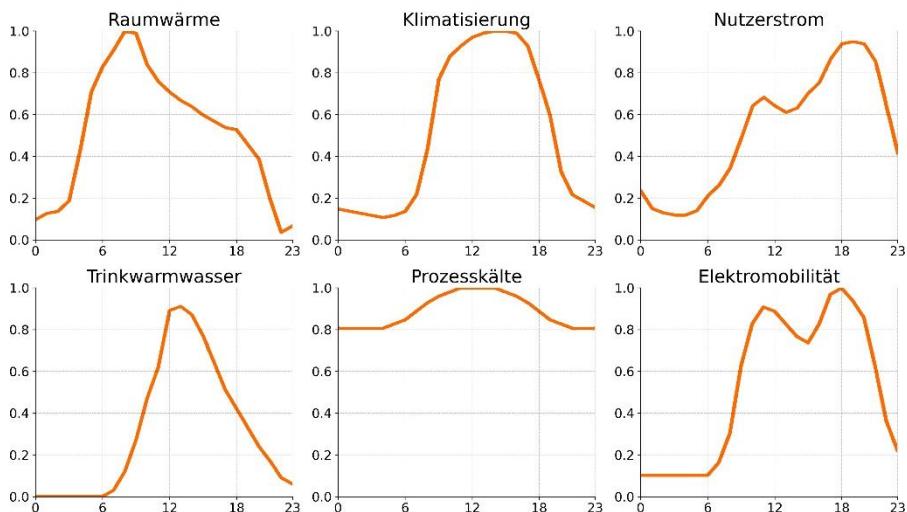
Diese Kategorie weist variable Lastprofile auf, geprägt von den spezifischen Nutzungen und Veranstaltungen. Meistens wird die Spitzenlast eher nachmittags und abends sowie an den Wochenenden erreicht. Hohe Energiebedarfe entstehen durch den intensiven Einsatz von Beleuchtung, Heizungs-, Lüftungs- und Klimatisierungssystemen (HLK) sowie gegebenenfalls durch Ton- und Bühnentechnik.

Bei Museen z. B. ist die Last gleichmäßiger über den Tag verteilt, insbesondere sind HLK-Dienste meist konstant, während andere Verbräuche übliche tageszeitliche Schwankungen aufweisen.

Dagegen weisen Theater meistens klare Spitzen während der Aufführungen oder Veranstaltungen auf. Während Probe- und Wartungszeiten ist die Last reduziert.



Normiertes typisches Lastprofil, NWG-Typ Museum.



Normiertes typisches Lastprofil, NWG-Typ Theater.

Flexibilisierungspotenziale

Der Energiebedarf von Veranstaltungs- und Ausstellungsgebäuden wird durch Wärmeerzeugung dominiert. Weitere nennenswerte Anteile können auf Belüftung, intensive Beleuchtung und Kühlung entfallen. Die Raumluftkonditionierung folgt im Fall von Museen – neben der Behaglichkeit von Personal und Besuchenden – oft konservatorischen Anforderungen.

Bei der elektrischen Wärme- und Kälteerzeugung besteht grundsätzlich Flexibilisierungspotenzial. Pufferspeicher sowie thermische Trägheiten wasserführender Anlagen und der Bauwerksmasse erlauben eine gewisse zeitliche und leistungsmäßige Entkopplung zwischen Energiebereitstellung und Bedarfsdeckung. Gegenwärtig entfällt der Großteil dieses thermischen Flexibilisierungspotenzials auf Wärme; mittel- und langfristig wird von wachsendem Flexibilisierungspotenzial der Kälteerzeugung ausgegangen.

Beleuchtung und Belüftung sind ohne Nutzungseinschränkungen kaum flexibilisierbar. Jedoch können zur Nutzung von Flexibilisierungspotenzialen möglichst energiesparende Ausführungen und Betriebsweisen (z. B. Zeitsteuerung/Anwesenheitskontrolle und tageslichtabhängige Helligkeitssteuerung o. Ä.) dabei helfen, Lasten von vornherein zu senken.

Stand der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik und der Gebäudeautomation

Große Veranstaltungs- und Ausstellungsgebäude können über umfangreiche Mess- und Steuerungstechnik verfügen, um komplexe Beleuchtungs-, Klimatisierungs- und gegebenenfalls Bühnentechnik zu steuern. Sie sind i. d. R. an das Niederspannungsnetz angeschlossen; größere Einrichtungen mit höheren Verbräuchen an das Mittelspannungsnetz.

Zur Bilanzierung kommt RLM insbesondere bei größeren Veranstaltungsgebäuden mit höheren Verbräuchen zum Einsatz. Individuelle Stromverträge mit speziellen Konditionen sind üblich.

Theater und Veranstaltungsgebäude weisen aufgrund von Aufführungen und Veranstaltungen oft höhere Spitzenlasten auf als Museen und Ausstellungsgebäude, die einen eher konstanten Energieverbrauch haben. Dagegen müssen Museen teilweise spezifische Raumklimabedingungen für Exponate gewährleisten, was ggf. eine kontinuierliche HLK erfordert.

Teilenergiekennwerte (kWh/m²a)

	Theater & Veranstaltung	Museen & Ausstellung
Heizung	58,8	57,6
Kühlung	2,0	1,7
Warmwasseraufbereitung	7,6	7,7
Lüftung	9,1	6,3
Beleuchtung	8,6	7,7
Hilfsenergie (Kühlkälte)	1,3	1,3
Be- und Entfeuchtung	0,0	0,3

Sportgebäude

Mit einem Anteil von 4 Prozent der NGF aller NWG haben Sportgebäude einen Energieverbrauch, der stark von der Ausstattung und Nutzungszeit abhängt. Sie werden intensiv abends und am Wochenende genutzt, mit variierenden Nutzungsmustern. Hohe Energiebedarfe können für Beleuchtung entstehen und in Schwimmbädern für Wasseraufbereitung und Heizung. Die Nutzung eines EMS variiert.

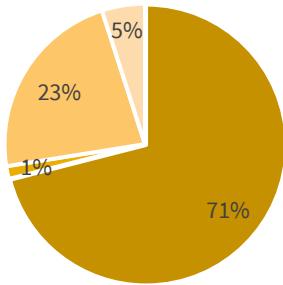
Gesamtwirtschaftliche Einordnung

Zahl Gebäude	Nettогesamtfläche (NGF)	Gesamtenergieverbrauch
78,2 Tsd. – 4 %	108,8 Mio. m ² – 4 %	13,7 TWh/a

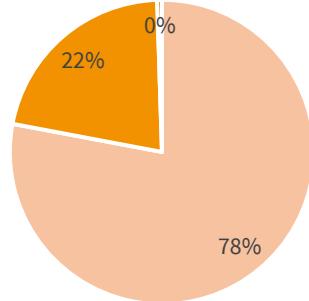
Typische Merkmale

Mittlere Gebäudefläche	Mittlerer Endenergieverbrauch
1515,3 m ²	126,15 kWh/m ² a

Überwiegende Gebäudenutzerinnen u. -nutzer Verantwortliche für die Bewirtschaftung



- Rechtliche Eigentümerin oder Eigentümer
- Wirtschaftliche Eigentümerin oder Eigentümer (Leasingnehmende oder Personen mit Nießbrauchrecht)
- Hauptmieterin oder Hauptmieter / Pächterin oder Pächter (> 50 % der Mietfläche)
- Mehrere Mieterinnen und Mieter / Pächterinnen und Pächter (< 50 % der Mietfläche)

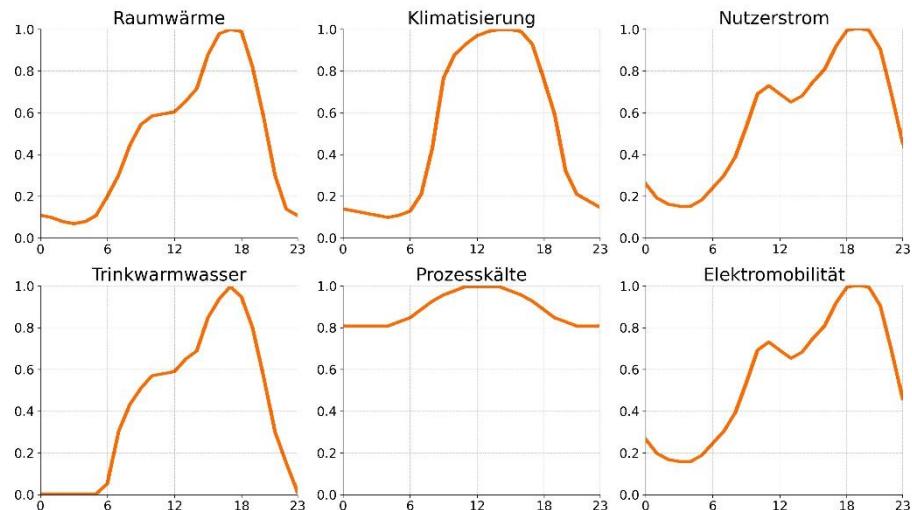


- Rechtliche Eigentümerin oder Eigentümer
- Wirtschaftliche Eigentümerin oder Eigentümer oder Mieterin oder Mieter / Pächterin oder Pächter
- Rechtlich selbstständige Dienstleisterin oder Dienstleister

Lastprofile & Nutzungsdauer

Sporthallen werden hauptsächlich nachmittags und abends sowie an Wochenenden genutzt. Energiebedarfe entstehen vor allem durch Beheizung und Lüftung, ggf. auch durch Beleuchtung, während der Nutzungszeiten. Spitzenlasten erscheinen während der Trainings- und Spielzeiten und sinken außerhalb dieser Zeiten deutlich ab, was zu tageszeitlichen Schwankungen führt.

Schwimmbäder haben aufgrund von Wasseraufbereitung, Beckenheizung und Entfeuchtung einen hohen kontinuierlichen Energiebedarf. Der Betrieb wird außerhalb der Öffnungszeiten fortgesetzt, um Wasserqualität und Raumklima zu erhalten. Die Lastprofile weisen dementsprechend eine konstante Grundlast auf.



Normiertes typisches Lastprofil, NWG-Typ Sporthalle.

Typische Flexibilisierungspotenziale

Sporthalle: Der Energiebedarf von Sporthallen und ähnlichen Gebäuden wird durch Wärmeerzeugung und Warmwasseraufbereitung dominiert. Auch (intensive) Beleuchtung kann wesentlich zum Energiebedarf beitragen.

Bei der elektrischen Wärme- und Kälteerzeugung besteht grundsätzlich Flexibilisierungspotenzial. Pufferspeicher sowie thermische Trägheit wasserführender Anlagen und der Bauwerksmasse erlauben eine gewisse zeitliche und leistungsmäßige Entkopplung zwischen Energiebereitstellung und Bedarfsdeckung.

Beleuchtung ist ohne Nutzungseinschränkungen kaum flexibilisierbar. Jedoch können zur Nutzung von Effizienzpotenzialen möglichst energiesparende Ausführungen und Betriebsweisen (z. B. Zeitsteuerung/Anwesenheitskontrolle und tageslichtabhängige Helligkeitssteuerung o. Ä.) dabei helfen, Lasten von vornherein zu senken.

Hallenbad: Der Energiebedarf von Schwimmhallen wird durch Wärmeerzeugung, Entfeuchtung (Kälte) und Warmwasseraufbereitung dominiert. Doch auch die Belüftung und Beleuchtung können wesentlich zum Energiebedarf beitragen.

Bei der elektrischen Wärme- und Kälteerzeugung besteht grundsätzlich Flexibilisierungspotenzial. Pufferspeicher sowie thermische Trägheiten wasserführender Anlagen und der Bauwerksmasse erlauben eine gewisse zeitliche und leistungsmäßige Entkopplung zwischen Energiebereitstellung und Bedarfsdeckung. Gegenwärtig entfällt der Großteil dieses thermischen Flexibilisierungspotenzials auf Wärme; mittel- und langfristig wird von wachsendem Flexibilisierungspotenzial der Kälteerzeugung ausgegangen.

Beleuchtung und Belüftung sind ohne Nutzungseinschränkungen kaum flexibilisierbar. Jedoch können zur Nutzung von Effizienzpotenzialen möglichst energiesparende Ausführungen und Betriebsweisen (z. B. Zeitsteuerung/Anwesenheitskontrolle und tageslichtabhängige Helligkeitssteuerung o. Ä.) dabei helfen, Lasten von vornherein zu senken.

Stand der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik und der Gebäudeautomation

Sporthallen verfügen je nach Zustand bzw. Baualter über Steuerungssysteme für Beleuchtung, Heizung und Lüftung. Der Anschluss erfolgt i. d. R. über die Niederspannungsebene. Ggf. können durch große Veranstaltungen und entsprechend hohe Energieverbräuche Spitzenlasten entstehen. Die Bilanzierung erfolgt je nach Höhe des Energieverbrauchs entweder über SLP oder RLM. Bei besonders großen Sporteinrichtungen können individuelle Stromverträge relevant sein.

Schwimmhallen besitzen i. d. R. Steuerungssysteme für Wasseraufbereitung, Heizung und Lüftung, um ein konstantes Raumklima und eine konstante Wasserqualität zu gewährleisten. Sie sind i. d. R. an das Niederspannungsnetz angeschlossen. Es kann auch ein Anschluss an die Mittelspannung bestehen. Je nach Verbrauch erfolgt die Bilanzierung über SLP oder RLM. Individuelle Stromverträge können vorteilhaft sein, da der Stromverbrauch recht hoch, kontinuierlich und spezifisch planbar ist.

Teilenergiekennwerte (kWh/m²a)

	Sporthallen	Hallenbad
Heizung	68,6	63,8
Kühlung	0,2	1,1
Warmwasseraufbereitung	22,0	24,7
Lüftung	4,6	8,3
Beleuchtung	14,3	13,4
Hilfsenergie (Kühlkälte)	0,2	1,1
Be- und Entfeuchtung	0,0	30,0

Beherbergung, Unterbringung, Gastronomie und Verpflegung

Diese Gebäudearten umfassen 7 Prozent der NGF und weisen aufgrund der durchgehenden Nutzung einen hohen Gesamtenergieverbrauch auf. Sie sind rund um die Uhr in Betrieb, mit hohen Lasten während der Reinigungs- und Essenszeiten. Hohe Energiebedarfe bestehen für Heizung, Warmwasser, Küchennutzung und ggf. Beleuchtung. Die Gebäudeautomation ist gut entwickelt.

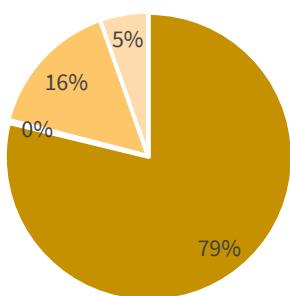
Gesamtwirtschaftliche Einordnung

Zahl Gebäude	Nettogenamtfläche (NGF)	Gesamtenergieverbrauch
269,8 Tsd. – 14 %	196,3 Mio. m ² – 7 %	35,2 TWh/a

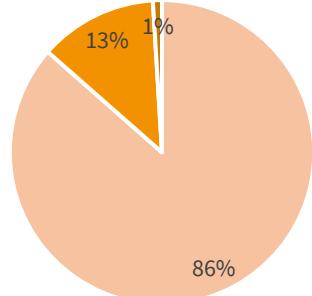
Typische Merkmale

Mittlere Gebäudefläche	Mittlerer Endenergieverbrauch
788,4 m ²	179,55 kWh/m ² a

Überwiegende Gebäudenutzerinnen u. -nutzer Verantwortliche für die Bewirtschaftung



- Rechtliche Eigentümerin oder Eigentümer
- Wirtschaftliche Eigentümerin oder Eigentümer (Leasingnehmende oder Personen mit Nießbrauchrecht)
- Hauptmieterin oder Hauptmieter / Pächterin oder Pächter (> 50 % der Mietfläche)
- Mehrere Mieterinnen und Mieter / Pächterinnen und Pächter (< 50 % der Mietfläche)



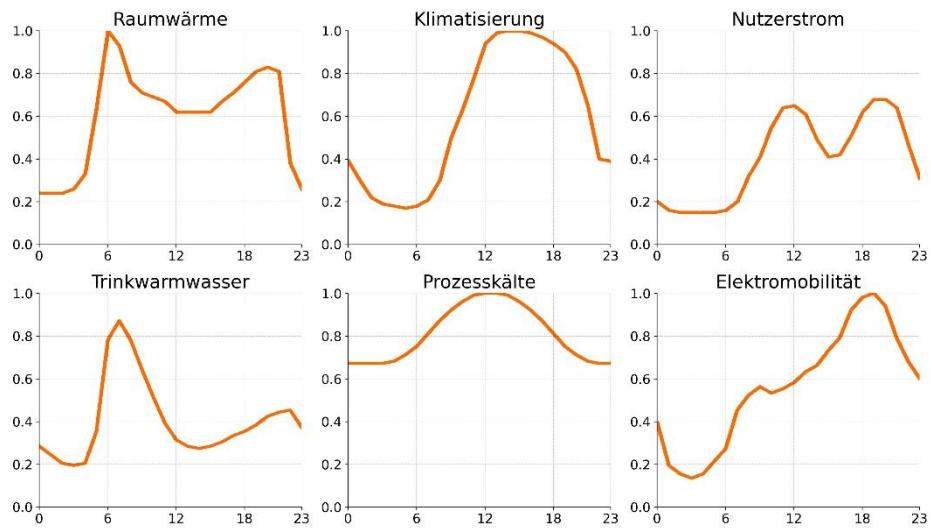
- Rechtliche Eigentümerin oder Eigentümer
- Wirtschaftliche Eigentümerin oder Eigentümer oder Mieterin oder Mieter / Pächterin oder Pächter
- Rechtlich selbstständige Dienstleisterin oder Dienstleister

Lastprofile & Nutzungsdauer

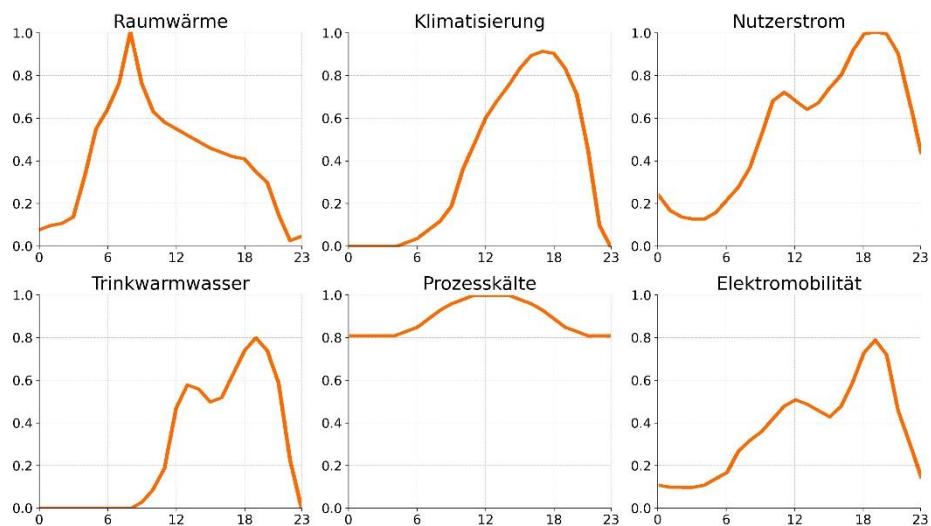
Hotels betreiben einen durchgehenden 24/7-Betrieb mit konstant hohen Energiebedarfen für Zimmerklimatisierung und -heizung, Beleuchtung, Warmwasser und Dienstleistungen. Spitzenlasten treten morgens (6:00–9:00 Uhr) und abends (18:00–22:00 Uhr) auf, wenn Gäste verstärkt duschen, essen und Freizeitangebote nutzen.

Restaurants haben Betriebszeiten, die sich auf Mahlzeiten konzentrieren, typischerweise mittags (11:00–14:00 Uhr) und abends (17:00–22:00 Uhr). Energiebedarfe entstehen durch intensive Nutzung von Küchengeräten, Lüftung und ggf. Beleuchtung während der Betriebszeiten. Die Lastprofile zeigen ausgeprägte Spitzen während dieser Perioden und sinken außerhalb der Öffnungszeiten deutlich ab.

Bei großen Gastronomiebetrieben wie Käntinen werden die Gerichte im Voraus gekocht („cook-and-chill“), sodass die wesentlichen Energieverbräuche zeitlich nicht mit den genannten Mahlzeiten übereinstimmen.



Normiertes typisches Lastprofil, NWG-Typ Hotel.



Normiertes typisches Lastprofil, NWG-Typ Restaurant.

Typische Flexibilisierungspotenziale

Der Energiebedarf von Gebäuden der Gastronomie und Beherbergung wird durch Warmwasseraufbereitung und Wärmeerzeugung dominiert. Doch auch Belüftung und Kälteerzeugung sowie ggf. Beleuchtung können wesentlich zum Energiebedarf beitragen.

Bei der elektrischen Wärme- und Kälteerzeugung besteht grundsätzlich Flexibilisierungspotenzial. Pufferspeicher sowie thermische Trägheiten wasserführender Anlagen und der Bauwerksmasse erlauben eine gewisse zeitliche und leistungsmäßige Entkopplung zwischen Energiebereitstellung und Bedarfsdeckung. Gegenwärtig entfällt der Großteil dieses thermischen Flexibilisierungspotenzials auf Wärme; mittel- und langfristig wird von wachsendem Flexibilisierungspotenzial der Kälteerzeugung ausgegangen.

Beleuchtung und Belüftung sind ohne Nutzungseinschränkungen kaum flexibilisierbar. Jedoch können zur Nutzung von Flexibilisierungspotenzialen möglichst energiesparende Ausführungen und Betriebsweisen

(z. B. Zeitsteuerung/Anwesenheitskontrolle und tageslichtabhängige Helligkeitssteuerung o. Ä.) dabei helfen, Lasten von vornherein zu senken.

Stand der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik und der Gebäudeautomation

Beherbergungs- und Verpflegungseinrichtungen nutzen meist konventionelle Zählertechnik, d. h. mME oder analoge Zähler, und verfügen meist über Steuerungssysteme für Heizung, Kühlung, Lüftung und ggf. Beleuchtung sowie Küchengeräte

Kleinere Hotels mit geringeren Energieverbräuchen sind meistens an das Niederspannungsnetz angeschlossen, während Hotels mit hohen Energieverbräuchen entsprechend auch an das Mittelspannungsnetz angebunden sein können.

Spitzenlasten können aufgrund des gleichzeitigen Betriebs mehrerer Geräte oder hoher Belegungszahlen auftreten. Ob die Bilanzierung über SLP oder RLM läuft, ist abhängig von der Höhe des Stromverbrauchs. Es werden sowohl statische als auch – bei größeren Betrieben – individuelle Stromverträge mit einer variablen Komponente genutzt.

Während in Verpflegungseinrichtungen der größte Bedarf im Betrieb von Küchen und Gastronomiebereichen liegt, kombinieren Hotels und Pensionen diese Anforderungen mit dem durchgehenden Betrieb von Gästezimmern und Empfangsbereichen. Hotels haben demzufolge oft einen höheren Gesamtenergiebedarf und komplexere Steuerungssysteme für Zimmerklimatisierung. Auch der Gästekomfort (z. B. hinsichtlich Temperatur) ist wichtig. Die Ausgestaltung der Stromverträge kann statisch oder individuell sein.

Teilenergiekennwerte (kWh/m²a)

	Verpflegungseinrichtungen	Hotels und Pensionen
Heizung	75,9	51,2
Kühlung	3,5	3,5
Warmwasseraufbereitung	77,7	89,1
Lüftung	16,6	9,1
Beleuchtung	18,1	8,5
Hilfsenergie (Kühlkälte)	3,0	2,9
Be- und Entfeuchtung	0,0	0,0

Handelsgebäude

Handelsgebäude nehmen 15 Prozent der NGF ein und haben einen hohen Energieverbrauch, besonders in großen Einkaufszentren. Sie werden hauptsächlich tagsüber und an Wochenenden genutzt, mit hohen Lasten während der Öffnungszeiten. Der Energiebedarf ist hoch für Klimatisierung, Belüftung, Beleuchtung und ggf. Kühlung im Lebensmittelbereich. Die Gebäudeautomation ist gut entwickelt.

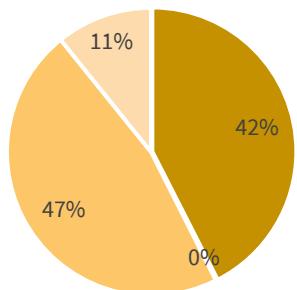
Gesamtwirtschaftliche Einordnung

Zahl Gebäude	Nettogenamtfläche (NGF)	Gesamtenergieverbrauch
187,1 Tsd. – 9 %	406,6 Mio. m ² – 15 %	36,8 TWh/a

Typische Merkmale

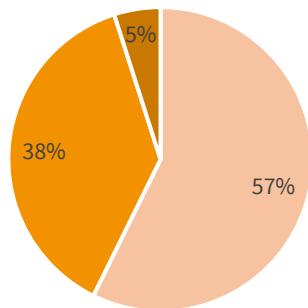
Mittlere Gebäudefläche	Mittlerer Endenergieverbrauch
2686,0 m ²	90,6 kWh/m ² a

Überwiegende Gebäudenutzerinnen u. -nutzer



- Rechtliche Eigentümerin oder Eigentümer
- Wirtschaftliche Eigentümerin oder Eigentümer (Leasingnehmende oder Personen mit Nießbrauchrecht)
- Hauptmieterin oder Hauptmieter / Pächterin oder Pächter (> 50% der Mietfläche)
- Mehrere Mieterinnen und Mieter / Pächterinnen und Pächter (< 50% der Mietfläche)

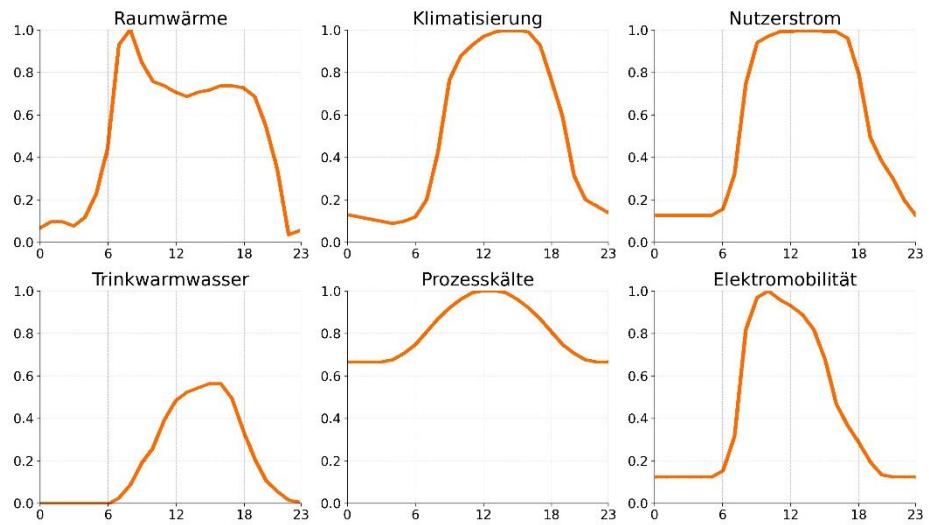
Verantwortliche für die Bewirtschaftung



- Rechtliche Eigentümerin oder Eigentümer
- Wirtschaftliche Eigentümerin oder Eigentümer oder Mieterin oder Mieter / Pächterin oder Pächter
- Rechtlich selbstständige Dienstleisterin oder Dienstleister

Lastprofile & Nutzungsdauer

Handelsgebäude wie Einzelhandelsgeschäfte und Einkaufszentren haben Lastprofile, die mit den Öffnungszeiten korrelieren, typischerweise Montag bis Samstag von 9:00 bis 20:00 Uhr. Energiebedarfe entstehen durch intensive Beleuchtung, kontinuierlich laufende Kühlung in Lebensmittelgeschäften und HLK-Systeme. Spitzenlasten treten während der Mittagszeit und am späten Nachmittag auf, wenn der Kundinnen- und Kundenverkehr am höchsten ist. Grundlasten bestehen außerhalb der Öffnungszeiten aufgrund von Kühl- systemen und Sicherheitsbeleuchtung.



Normiertes typisches Lastprofil, NWG-Typ Einkaufszentrum (an Öffnungstagen).

Flexibilisierungspotenziale

Der Energiebedarf von Einzelhandelsgebäuden wird durch Wärmeerzeugung und teils Beleuchtung dominiert. Doch auch Warmwasserbereitung, Kühlung (Lebensmittel) und Belüftung können nennenswert zum Energiebedarf beitragen.

Elektrische Wärme- und Kälteerzeugung sind i. d. R. gut flexibilisierbar. Pufferspeicher sowie thermische Trägheiten wasserführender Anlagen und der Bauwerksmasse erlauben eine gewisse zeitliche und leistungsmäßige Entkopplung zwischen Energiebereitstellung und Bedarfsdeckung. Gegenwärtig entfällt ein größerer Anteil dieses thermischen Flexibilisierungspotenzials auf Wärme; mittel- und langfristig wird von wachsender Bedeutung der Kälteerzeugung und -nutzung ausgegangen.

Beleuchtung und Belüftung sind ohne Nutzungseinschränkungen kaum flexibilisierbar. Jedoch können möglichst energiesparende Ausführungen und Betriebsweisen (z. B. Zeitsteuerung/Anwesenheitskontrolle und tageslichtabhängige Helligkeitssteuerung o. Ä.) dabei helfen, Lastspitzen von vornherein zu senken.

Stand der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik und der Gebäudeautomation

Einkaufszentren verfügen über umfangreiche Zähler- und Steuerungstechnik für Beleuchtung, Klimatisierung und die Energieversorgung von einzelnen Geschäften. Aufgrund des hohen Energiebedarfs sind sie häufig an das Mittelspannungsnetz angeschlossen. Spitzenlasten entstehen insbesondere während Stoßzeiten und werden in der Abrechnung der Netzentgelte berücksichtigt. Die Bilanzierung erfolgt mittels RLM, um den variierenden Verbrauch detailliert zu erfassen. Individuelle Stromverträge sind üblich, um den spezifischen Spitzenlasten und dem hohen durchschnittlichen Energiebedarf gerecht zu werden.

Teilenergiekennwerte (kWh/m²a)

	Kaufhauszentren & Einkaufszentren
Heizung	47,3
Kühlung	4,6
Warmwasseraufbereitung	11,1
Lüftung	7,4

Beleuchtung	16,6
Hilfsenergie (Kühlkälte)	3,5
Be- und Entfeuchtung	0,1

Anhang 2: Berechnung der Flexibilisierungswerte

Im Rahmen der Quantifizierung der Flexibilisierungspotenziale für wärme-/kälteorientierte Maßnahmen werden folgende Kennwerte des Flexibilisierungspotenzials ausgewiesen:

Summierter Jahreswert in Gigawattstunden pro Jahr (GWh/a)

Die nach Hauptgebäudekategorie unterteilten Werte der FlexGeber-Studie (Thomsen, Jessica et al. 2022) werden anhand der Gebäudezahlen von NWG-Hauptkategorien und NWG-Unterkategorien (äquivalent zu NWG-Typen) (IWU 2022b). und anhand von Gewichtungsfaktoren auf Basis NWG-unterkategoriespezifischer Teilenergiennwerte (IWU 2021) näherungsweise auf die hier betrachteten NWG-Typen aufgeteilt:

$$FP_{\text{UK}} = FP_{\text{HK}} * n_{\text{UK/HK}} * f_{\text{E}}$$

Gleichung 1
Gesamtflexibilisierungspotenzial der NWG-Unterkategorie

$$n_{\text{UK/HK}} = \frac{N_{\text{UK}}}{N_{\text{HK}}}$$

Gleichung 2
Relative NWG-Zahl der NWG-Unterkategorie

$$f_{\text{E}} = \frac{E_{\text{UK}}}{\bar{E}_{\text{UK}}}$$

Gleichung 3
Energetischer Gewichtungsfaktor der Gebäudeunterkategorie

FP_{UK} Gesamtflexibilisierungspotenzial der betrachteten NWG-Unterkategorie (in kWh/a)

FP_{HK} Gesamtflexibilisierungspotenzial der NWG-Hauptkategorie, welche die betrachtete NWG-Unterkategorie enthält (in kWh/a)

$n_{\text{UK/HK}}$ Relativer Anteil der betrachteten NWG-Unterkategorie an ihrer NWG-Hauptkategorie bezogen auf die Zahl der NWG

f_{E} Energetischer Gewichtungsfaktor der betrachteten NWG-Unterkategorie innerhalb ihrer NWG-Hauptkategorie

N_{UK} Zahl der Gebäude, die der betrachteten NWG-Unterkategorie zuordenbar sind
Quelle: Stichprobenverteilung ENOB: dataNWG (IWU 2022a).

N_{HK} Zahl der Gebäude, die die NWG-Hauptkategorie enthält
Quelle: Stichprobenverteilung ENOB: dataNWG (IWU 2022a)

E_{UK} Teilenergiennwert der betrachteten NWG-Unterkategorie (in kWh/m²a)
Quelle: Vergleichswerte NWG (IWU 2021)

\bar{E}_{UK} Mittlerer Teilenergiennwert aller NWG-Unterkategorien innerhalb der NWG-Hauptkategorie, welche die betrachtete NWG-Unterkategorie enthält (in kWh/m²a)
Quelle: Vergleichswerte NWG (IWU 2021)

Diese Berechnung unterliegt folgenden Annahmen, welche als Unsicherheiten verstanden werden müssen:

- 1) Verallgemeinerbarkeit der Gebäudezahl: Die Zusammensetzung der dataNWG-Teilstichproben je NWG-Hauptkategorie aus den enthaltenen Gebäudeunterkategorien sei näherungsweise repräsentativ.
- 2) Gebäudezahl als Bezuggröße: Potenzielle NWG-unterkategoriespezifische Flächenunterschiede innerhalb einer Gebäudehauptkategorie seien näherungsweise vernachlässigbar.

3) Energetische Wichtung: Das Flexibilisierungspotenzial einer NWG-Unterkategorie korreliere – innerhalb einer NWG-Hauptkategorie – näherungsweise mit den jeweiligen Teilenergiekennwerten.

Flächenspezifischer Jahreswert in Wattstunden pro Quadratmeter NGF und Jahr (Wh/m²_(NGF)/a)

Die Gesamtwerte der FlexGeber-Studie (Thomsen, Jessica et al. 2022) werden anhand von Gesamtnettogrundflächen der NWG-Hauptkategorien (BBSR 2021) in flächenspezifische Werte umgerechnet und – analog den oben betrachteten Gesamtwerten – anhand energetischer Gewichtungsfaktoren auf NWG-Unterkategorien umgelegt:

$$FP'_{\text{UK}} = FP'_{\text{HK}} * f_E$$

Gleichung 4
Flächenspezifisches Flexibilisierungspotenzial der NWG-Unterkategorie

$$FP'_{\text{HK}} = \frac{FP_{\text{HK}}}{A_{\text{NGF,HK}}}$$

Gleichung 5
Flächenspezifisches Flexibilisierungspotenzial der NWG-Hauptkategorie

FP'_{UK}	Flächenspezifisches Flexibilisierungspotenzial der betrachteten NWG-Unterkategorie
FP'_{HK}	Flächenspezifisches Flexibilisierungspotenzial der NWG-Hauptkategorie, welche die betrachtete NWG-Unterkategorie enthält
f_E	Energetischer Gewichtungsfaktor der betrachteten NWG-Unterkategorie innerhalb ihrer NWG-Hauptkategorie (siehe Gleichung 3)
FP_{HK}	Gesamtflexibilisierungspotenzial der NWG-Hauptkategorie, welche die betrachtete NWG-Unterkategorie enthält
$A_{\text{NGF,HK}}$	Gesamtnettogrundfläche der NWG-Hauptkategorie, welche die betrachtete NWG-Unterkategorie enthält

Quelle: *Vergleichswerte NWG (BBSR 2021)*

Diese Berechnung unterliegt folgenden Annahmen, welche als Unsicherheiten verstanden werden müssen:

1) Kompatibilität unterschiedlicher Datenquellen: Die Gesamtnettogrundflächen aus den *Vergleichswerten NWG (BBSR 2021)* korrespondierten näherungsweise mit den (Gesamt-)Flexibilisierungspotenzialen (Thomsen, Jessica et al. 2022).

2) Energetische Wichtung: Das Flexibilisierungspotenzial einer NWG-Unterkategorie korreliere – innerhalb einer NWG-Hauptkategorie – näherungsweise mit den jeweiligen Teilenergiekennwerten.

Gebäudespezifischer Jahreswert in Kilowattstunden pro Gebäude und Jahr (kWh/a/NWG)

Die Gesamtwerte der FlexGeber-Studie (Thomsen, Jessica et al. 2022) werden anhand von Gesamtgebäudezahlen der NWG-Hauptkategorien (Quelle: *Vergleichswerte NWG (BBSR 2021)*) in gebäudespezifische Werte umgerechnet und – analog den eingangs betrachteten Gesamtwerten – anhand energetischer Gewichtungsfaktoren auf NWG-Unterkategorien umgelegt. Die Berechnung entspricht sinngemäß der o. g. flächenspezifischen Betrachtung, mit dem Unterschied, dass nun die Gebäudezahl als Bezugsgröße herangezogen wird (statt der NGF).

$$FP''_{\text{UK}} = FP''_{\text{HK}} * f_{\text{E}}$$

Gleichung 6
Gebäudespezifisches Flexibilisierungspotenzial der NWG-Unterkategorie

$$FP''_{\text{HK}} = \frac{FP_{\text{HK}}}{A_{\text{Geb, HK}}}$$

Gleichung 7
Gebäudespezifisches Flexibilisierungspotenzial der NWG-Hauptkategorie

FP''_{UK}	Gebäudespezifisches Flexibilisierungspotenzial der betrachteten NWG-Unterkategorie
FP''_{HK}	Gebäudespezifisches Flexibilisierungspotenzial der NWG-Hauptkategorie, welche die betrachtete NWG-Unterkategorie enthält
f_{E}	Energetischer Gewichtungsfaktor der betrachteten NWG-Unterkategorie innerhalb ihrer NWG-Hauptkategorie (siehe Gleichung 3)
FP_{HK}	Gesamtflexibilisierungspotenzial der NWG-Hauptkategorie, welche die betrachtete NWG-Unterkategorie enthält
$A_{\text{Geb, HK}}$	Gebäudezahl der NWG-Hauptkategorie, welche die betrachtete NWG-Unterkategorie enthält

Quelle: ENOB: dataNWG (IWU 2022a)

Diese Berechnung unterliegt denselben Annahmen wie die flächenspezifische Betrachtung, welche als Unsicherheiten verstanden werden müssen:

- 1) Kompatibilität unterschiedlicher Datenquellen: Die Gesamtnettogrundflächen aus den ENOB: dataNWG (IWU 2022a) korrespondierten näherungsweise mit den (Gesamt-)Flexibilisierungspotenzialen (Thomsen, Jessica et al. 2022).
- 2) Energetische Wichtung: Das Flexibilisierungspotenzial einer NWG-Unterkategorie korreliere – innerhalb einer NWG-Hauptkategorie – näherungsweise mit den jeweiligen Teilenergiekennwerten.

Tabelle 9 zeigt die relativen Zahlen (Gleichung 2) und energetischen Gewichtungsfaktoren (Gleichung 3) der hier betrachteten Gebäudeunterkategorien innerhalb ihrer jeweiligen Gebäudehauptkategorie.

Tabelle 9: Relative Zahl und energetische Wichtung der NWG-Hauptkategorien und NWG-Typen (Quelle: eigene Darstellung)

NWG-Hauptkategorie	NWG-Unterkategorie (äquivalent zu NWG-Typ)	Relative Zahl ¹⁸ in % (vgl. Gleichung 2)	Energetischer Gewichtungsfaktor (vgl. Gleichung 3)	
			Wärme	Kälte
Büro, Verwaltung, Amt	Verwaltung, Amt	32	1,01	0,72
	Gewerbliche Bürogebäude	59	0,99	1,28
Forschung und Hochschullehre	Forschung und Hochschullehre	100	1,00	1,00
Gesundheit und Pflege	Krankenhaus	31	1,04	1,35
	Pflegeheim	48	0,96	0,65
Schule, Kindertagesstätte, Betreuung	Schule	63	0,99	1,43
	Kita	36	1,01	0,57
Kultur und Freizeit	Theater und Veranstaltung	8	1,01	1,00
	Museum und Ausstellung	17	0,99	1,00
Sport	Sporthalle	69	1,04	0,02
	Schwimmhalle	13	0,96	1,98
Beherbergung, Gastro und Verpflegung	Restaurants, Kantinen	52	1,19	1,01
	Hotel, Pension	47	0,81	0,99
Produktion, Werkstatt, Lager, Betrieb	Lagerhalle ¹⁹	23	Überschneidung mit Industrie, keine Teilenergiekennwerte ausgewertet	
Handel	Kaufhaus, Einkaufszentrum	88	1,00	1,00

¹⁸ Die hier betrachteten NWG-Unterkategorien machen i. d. R. nicht die Gesamtheit aller Gebäude der jeweiligen NWG-Hauptkategorien aus. Daher ergeben die dargestellten relativen Zahlen einer NWG-Hauptkategorie i. d. R. weniger als 100 Prozent in Summe.

¹⁹ Die NWG-Hauptkategorie *Produktion* [...] stellt eine sehr heterogene Gebäudegruppe dar, in welcher sowohl NWG-Größen als auch Energiebedarfe sehr große Bereiche überspannen können. Die Unterkategorie *Lagerhalle* wird hier nur informativ aufgeführt, jedoch mangels Belastbarkeit nicht weiter ausgewertet.

Anhang 3: Detailergebnisse zur Berechnung der Flexibilisierungskennwerte

Tabelle 10: Gesamtflexibilisierungspotenzial durch wärme- und kälteorientierte Maßnahmen je NWG-Typ (Quelle: eigene Darstellung)

Gesamtflexibilisierungspotenzial [GWh/a]	Negativ						Positiv						Summe über alles	
	2015			2045			2015			2045				
	WP-H	BHKW	Kälte	WP-H	BHKW	Kälte	WP-H	BHKW	Kälte	WP-H	BHKW	Kälte		
Verwaltung, Amt	41	37	6	354	11	65	8	217	1	46	79	22	888	
Gewerbliche Bürogebäude	73	66	21	625	19	208	13	383	4	81	140	72	1.704	
Forschung und Hochschul-lehre	25	18	3	246	7	8	3	134	0	28	56	1	530	
Krankenhaus	16	13	4	107	2	33	3	87	0	12	17	4	299	
Pflegeheim	23	19	3	152	3	24	4	124	0	18	24	3	397	
Schule	64	48	8	583	13	28	9	326	1	67	92	4	1.243	
Kita	37	28	2	338	8	6	5	189	0	39	53	1	707	
Theater und Veranstaltung	4	4	0	39	1	10	1	23	0	6	8	3	99	
Museum und Ausstellung	9	9	1	76	3	20	2	45	0	12	16	5	197	
Sporthalle	29	25	0	332	11	0	5	153	0	50	71	0	676	
Schwimmhalle	5	5	3	60	2	7	1	28	0	9	13	1	134	
Verpflegung	53	59	4	502	19	26	12	276	1	84	112	3	1.149	
Hotel, Pension	33	36	4	308	11	23	8	170	0	51	69	3	716	
Kaufhaus, Einkaufszentrum	28	13	81	134	2	276	3	152	20	10	35	107	861	

Tabelle 11: Flächenspezifisches Flexibilisierungspotenzial durch wärme- und kälteorientierte Maßnahmen je NWG-Typ (Quelle: eigene Darstellung)

Flächenspezifisches Flexibilisierungspotenzial [Wh/m ² a]	Negativ						Positiv						Summe über alles	
	2015			2045			2015			2045				
	WP-H	BHKW	Kälte	WP-H	BHKW	Kälte	WP-H	BHKW	Kälte	WP-H	BHKW	Kälte		
Verwaltung, Amt	259	234	40	2.222	68	405	48	1.363	8	288	496	140	5.570	
Gewerbliche Bürogebäude	253	228	72	2.167	66	719	46	1.329	13	281	483	248	5.907	
Forschung und Hochschul-lehre	366	265	38	3.601	105	124	50	1.954	4	410	817	12	7.748	
Krankenhaus	288	235	63	1.884	41	573	44	1.535	8	219	296	79	5.267	
Pflegeheim	267	218	31	1.746	38	278	41	1.423	4	203	274	38	4.561	
Schule	372	283	46	3.419	76	164	54	1.913	5	395	537	22	7.287	
Kita	381	289	19	3.495	78	66	55	1.955	2	404	549	9	7.302	
Theater und Veranstaltung	446	438	26	3.901	135	1.004	89	2.294	3	613	802	271	10.021	
Museum und Ausstellung	437	429	26	3.822	132	1.004	87	2.247	3	600	785	271	9.843	
Sporthalle	382	336	3	4.440	151	6	67	2.039	0	670	948	1	9.043	
Schwimmhalle	355	313	208	4.130	140	482	62	1.897	26	623	882	56	9.174	
Verpflegung	518	575	41	4.909	183	250	122	2.702	5	819	1.097	30	11.252	
Hotel, Pension	349	388	41	3.312	123	246	82	1.823	5	552	740	30	7.691	
Kaufhaus, Einkaufszentrum	78	35	228	375	6	774	8	426	56	27	97	300	2.412	

Tabelle 12: Gebäudespezifisches Flexibilisierungspotenzial durch wärme- und kälteorientierte Maßnahmen je NWG-Typ (Quelle: eigene Darstellung)

Spezif. Flexibilisierungspotenzial [kWh/a/NWG]	Negativ						Positiv						Summe über alles	
	2015		Kälte	2045		Kälte	2015		Kälte	2045		Kälte		
	WP-H	BHKW		WP-H	BHKW		WP-H	BHKW		WP-H	BHKW			
Verwaltung, Amt	416	375	65	3.563	109	649	76	2.185	12	462	795	224	8.932	
Gewerbliche Bürogebäude	405	366	115	3.474	106	1.153	74	2.131	22	451	775	398	9.472	
Forschung und Hochschullehre	1.088	789	114	10.709	313	368	150	5.811	11	1.220	2.430	37	23.041	
Krankenhaus	837	684	184	5.475	120	1.665	129	4.462	22	637	861	230	15.305	
Pflegeheim	776	633	89	5.073	111	807	120	4.135	11	590	798	112	13.255	
Schule	658	500	82	6.036	135	290	96	3.377	9	698	949	38	12.867	
Kita	672	511	33	6.171	138	116	98	3.452	4	714	970	15	12.893	
Theater und Veranstaltung	380	373	22	3.322	115	855	76	1.953	3	522	683	231	8.532	
Museum und Ausstellung	372	365	22	3.254	112	855	74	1.914	3	511	669	231	8.381	
Sporthalle	531	468	4	6.178	210	8	93	2.837	0	932	1.319	1	12.582	
Schwimmhalle	494	435	289	5.746	195	671	86	2.639	37	867	1.227	77	12.763	
Verpflegung	377	419	30	3.572	133	182	89	1.966	4	596	798	22	8.186	
Hotel, Pension	254	282	30	2.409	90	179	60	1.326	4	402	539	22	5.596	
Kaufhaus, Einkaufszentrum	170	76	496	816	14	1.683	17	926	122	59	212	652	5.242	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vorgehensweise der Untersuchungen	11
Abbildung 2: Einordnung verschiedener Potenzialbegriffe im Kontext der Flexibilisierung	12
Abbildung 3: Beispielhaftes Energietrendband (Quelle: eigene Darstellung)	19
Abbildung 4: Verteilung der interviewten Expertinnen und Experten nach Institutionstyp (Quelle: eigene Darstellung)	32
Abbildung 5: Übersicht der Hemmnisse für die Integration von EMS mit iMSys(+) in NWG (Quelle: eigene Darstellung)	33
Abbildung 6: Verteilung der ausgewerteten Antworten der priorisierten NWG-Typen (Quelle: eigene Darstellung)	39
Abbildung 7: Bedeutung des Themas Flexibilisierung laut Umfrageergebnissen (Quelle: eigene Darstellung)	40
Abbildung 8: Anschluss der Gebäudeanlage an die GLT und iMSys(+) -Infrastruktur laut Umfrageergebnissen (Quelle: eigene Darstellung)	41
Abbildung 9: Flexibilisierungsmaßnahmen nach NWG-Typ und Technologie laut Umfrageergebnissen (Quelle: eigene Darstellung)	45
Abbildung 10: Gegenwärtig flexibilisierter Energieverbrauch laut Umfrageergebnissen (Quelle: eigene Darstellung)	46
Abbildung 11: Anteil an Gebäuden mit flexibilisierbaren Technologien laut Umfrageergebnissen.....	47

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beispielhafte Übersicht bestehender Typisierungsansätze von NWG	15
Tabelle 2: Merkmale betrachteter NWG-Hauptkategorien und der relevanten NWG-Typen	16
Tabelle 3: Technologische Flexibilisierungsoptionen nach wesentlichen Systemen in NWG	18
Tabelle 4: Übersicht gesichteter Quellen für die Quantifizierung der Flexibilisierungspotenziale in NWG.....	21
Tabelle 5: Aggregierte Flexibilisierungspotenziale in 2015 und 2045 nach Gebäudetyp und Technologie.....	23
Tabelle 6: Flexibilisierungspotenzial durch wärme- und kälteorientierte Maßnahmen nach NWG-Typ.....	25
Tabelle 7: Auswahlmatrix zu priorisierender NWG-Typen.....	28
Tabelle 8: Hemmnisse für die Umsetzung von Flexibilisierungsmaßnahmen je NWG-Typ (Umfrageergebnis)	41
Tabelle 9: Relative Zahl und energetische Wichtung der NWG-Hauptkategorien und NWG-Typen	81
Tabelle 10: Gesamtflexibilisierungspotenzial durch wärme- und kälteorientierte Maßnahmen je NWG-Typ ..	82
Tabelle 11: Flächenspezifisches Flexibilisierungspotenzial durch wärme- und kälteorientierte Maßnahmen je NWG-Typ	82
Tabelle 12: Gebäudespezifisches Flexibilisierungspotenzial durch wärme- und kälteorientierte Maßnahmen je NWG-Typ	83

Literaturverzeichnis

AG Energiebilanzen (2024). Auswertungstabellen zur Energiebilanz 1990 bis 2023. Datenstand Oktober 2024. <https://ag-energiebilanzen.de/>, abgerufen am 17.10.2025.

Agora Energiewende und Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V. (2023). Haushaltsnahe Flexibilitäten nutzen. Wie Elektrofahrzeuge, Wärmepumpen und Co. die Stromkosten für alle senken können. agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2023/2023-14_DE_Flex_heben/A-EW_315_Flex_heben_WEB.pdf, abgerufen am 17.10.2025.

Auer, Thomas et al. (2022). Nutzerorientierte, dezentrale und einfache MSR und TGA. Tatsächliche Energieeffizienz im Betrieb durch einen neuen Ansatz für MSR / TGA und robuste Optimierung zur Reduzierung der Performance Gap: https://opac.dbu.de/ab/DBU-Abschlussbericht-AZ-37023_01-Hauptbericht.pdf, abgerufen am 17.10.2025.

Auer, Thomas et al. (2019). Big Data in der Gebäudeautomation. Schlussbericht. <https://media-tum.ub.tum.de/doc/1546757/1546757.pdf>, abgerufen am 17.10.2025.

Bauministerkonferenz (2021). Bauwerkszuordnungskatalog 2021. <https://www.bauministerkonferenz.de/verzeichnis.aspx?id=23671&o=5107023671>, abgerufen am 17.10.2025.

BBSR (2024). Anforderungen an die Ausstattung von Nichtwohngebäuden mit Gebäudeautomation. Grundlagenuntersuchung zur Umsetzung von Art. 14 Abs. 4 und Art. 15 Abs. 4. <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2024/bbsr-online-101-2024-dl.pdf?blob=publicationFile&v=2>, abgerufen am 17.10.2025.

BBSR (2021). Vergleichswerte für den Energieverbrauch von Nichtwohngebäuden. Anpassung eines vorliegenden Berechnungstools zur Ableitung von neuen Vergleichswerten für Energieverbrauchsausweise. BBSR-Online-Publikation 37/2021. <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/bbsr-online/2021/bbsr-online-37-2021.html>, abgerufen am 17.10.2025.

BINE-Informationsdienst / FIZ Karlsruhe GmbH (2018). Energieforschung kompakt | Themeninfo I/2018: Netzdienliche Gebäude und Quartiere.

BMWE (2025). Glossar. <https://www.energieforschung.de/de/glossar>, abgerufen am 17.10.2025.

BMWi (2017a). Rolle der Digitalisierung im Gebäudebereich: Eine Analyse von Potenzialen, Hemmnissen, Akteuren und Handlungsoptionen. <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/rolle-der-digitalisierung-im-gebaeudebereich.pdf?blob=publicationFile&v=1>, abgerufen am 17.10.2025.

BMWi (2017b). Evaluation der Auswirkung von Energiemanagementsystemen (EnMS).

BMWi (2021). Anpassung der SRI-Systematik für eine Einführung in Deutschland. <https://adelphi.de/system/files/mediathek/bilder/bericht-zur-angepassten-sri-systematik-fur-deutschland.pdf>, abgerufen am 17.10.2025.

BMWK (2022). Metastudie zur Verbesserung der Datengrundlage im Gebäudebereich. <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/metastudie-verbesserung-datengrundlage-gebaeudebereich.pdf?blob=publicationFile&v=1>, abgerufen am 17.10.2025.

Dehli, Martin (2020). Energieeffizienz in Industrie, Dienstleistung und Gewerbe. Energietechnische Optimierungskonzepte für Unternehmen. Springer Fachmedien Wiesbaden.

dena (2023a). dena-Gebäudereport 2023. <https://www.gebaeudeforum.de/wissen/zahlen-daten/gebaeudereport-2023/>, abgerufen am 17.10.2025.

dena (2023b). dena-Gebäudereport 2024. <https://www.dena.de/infocenter/dena-gebaeudereport-2024/>, abgerufen am 17.10.2025.

destatis (2025). Nichtwohngebäude. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Volkswirtschaftliche-Gesamtrechnungen-Inlandsprodukt/Glossar/nichtwohngebäude.html>, abgerufen am 17.10.2025.

EU (2020a). Delegierte Verordnung (EU) 2020/2155 der Kommission vom 14. Oktober 2020 zur Ergänzung der Richtlinie 2010/31/EU durch Festlegung eines optionalen gemeinsamen Systems der Union zur Bewertung der Intelligenzähnlichkeit von Gebäuden. https://www.umwelt-online.de/regelwerk/cgi-bin/suchausgabe.cgi?pfad=/eu/20c/20c_2155.htm&such=Richtlinie, abgerufen am 17.10.2025.

EU (2020b). Durchführungsverordnung (EU) 2020/2156 der Kommission vom 14. Oktober 2020 zur Festlegung der technischen Modalitäten für die wirksame Umsetzung eines optionalen gemeinsamen Systems der Union zur Bewertung der Intelligenzähnlichkeit von Gebäuden. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/ALL/?uri=CELEX:32020R2156>, abgerufen am 17.10.2025.

EUROSTAT Statistical Office of the European Union, Eurostat. [Typ-Fahrzeugbestände nach Motorenenergie], zum Zeitpunkt des Abrufs verfügbar unter: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/explore/all/transp?lang=en&subtheme=road&display=list&sort=category>, abgerufen am 18.12.2024.

FfE, 2024. Variable Netzentgelte als Option für steuerbare Verbrauchseinrichtungen nach § 14a. ffe.de/veroeffentlichungen/variable-netzentgelte-als-option-fuer-steuerbare-verbrauchseinrichtungen-nach-§14a/, abgerufen am 17.10.2025.

Gotzens, Fabian (2020). DemandRegio: Harmonisierung und Entwicklung von Verfahren zur regionalen und zeitlichen Auflösung von Energienachfragen. Abschlussbericht. Forschungszentrum Jülich GmbH, Technische Universität Berlin, Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE). https://openaccess.ffe.de/wp-content/uploads/2020/12/DemandRegio_Abschlussbericht.pdf, abgerufen am 17.10.2025.

Gründig, Dietmar et al. (2017). Evaluation der Auswirkung von Energiemanagementsystemen (EnMS). BMWi. Berlin/Stuttgart.

Hadlak, Matthias et al. (2022). Flexess – Entwicklung von Strategien und Lösungen zur Ausschöpfung zukünftiger Flexibilitätspotenziale vollelektrischer Haushalte, Gewerbe, Industrien und Elektromobilität. AP 1.2 Identifikation von Flexibilitätspotentialen - heute und zukünftig. TU Braunschweig. Abschlussbericht für das BMWE. https://www.tu-braun-schweig.de/fileadmin/Redaktionsgruppen/Institute_Fakultaet_5/Elenia/Forschung/Forschungsprojekte/flexess/dokumente/flexess_AP_1_2_Potenzialanalyse.pdf, abgerufen am 20.10.2025.

IWU Institut Wohnen und Umwelt GmbH (2022a). ENOB: dataNWG Forschungsdatenbank Nichtwohngebäude, Förderkennzeichen 03ET1315A, Variablenkodokumentation Fernrechnen, 08.08.2022.

IWU Institut Wohnen und Umwelt GmbH (2022b). NWG-Typologie V2.1. https://github.com/IWUGER-MANY/Nichtwohngebäude-Typologie-Deutschland/blob/main/2022_IWU_NWG_Typologie_V2-2.xls, abgerufen am 17.10.2025.

IWU Institut Wohnen und Umwelt GmbH (2022c). Typologie der Nichtwohngebäude in Deutschland – Methodik, Anwendung und Ausblick. https://www.iwu.de/fileadmin/publikationen/gebaeudebe-stand/2022_IWU_HoernerEtBischof_WorkingPaper_Typologie-der-Nichtwohngebäude-Deutschlands.pdf, abgerufen am 17.10.2025.

KEDi (2024). Netzorientierte Steuerung ermöglicht den weiteren Zubau von Wärmepumpen und Ladestationen. https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2024/240205_KEDi_Factsheet_14a_Web.pdf, abgerufen am 17.10.2025.

Kretschmar, Daniel et al. (2019). Nichtwohngebäude in Deutschland – Typisierung eines dynamischen Marktes. https://geodaeis.info/images/zfv/144-jahrgang-2019/downloads/zfv_2019_3_Kretschmar_et-al.pdf, abgerufen am 17.10.2025.

Kreutziger, Marcus et al. (2020). SERVING – Service-Plattform-Verteilnetz zum integralen Lastmanagement. Abschlussbericht für das BMWE. TU Dresden, Hochschule Zittau/Görlitz, ENSO Netz GmbH, DREWAG Netz GmbH, ENSO AG. https://tu-dres-den.de/ing/elektrotechnik/ieeh/ev/ressourcen/dateien/forschung/Abchlussbericht_SERVING.pdf?lang=de, abgerufen am 20.10.2025.

Kühnebach, Matthias et al. (2024). Potenziale von Stellplätzen an Wohn- und Nichtwohngebäuden zur Bereitstellung privater Ladeinfrastruktur. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung IS, Freiburg und Karlsruhe. https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Studie_Ladeinfrastruktur_MFH_und_Nichtwohngebäude.pdf, abgerufen am 17.10.2025.

Mittreiter, Annedore et al. (2023). FLXKälte – Flexibilisierung von Kälteversorgungssystemen für den elektrischen Energieausgleich in Deutschland. Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT, Oberhausen. <https://publica-rest.fraunhofer.de/server/api/core/bitstreams/3f6d5a3a-4596-4a05-8fb7-6d4ab928aa73/content>, abgerufen am 17.10.2025.

Nehler, Therese et al. (2018). Implementation of energy efficiency measures in compressed air systems: barriers, drivers and non-energy benefits. In: Energy Efficiency 11 (5), S. 1281–1302. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1219061/FULLTEXT01.pdf>, abgerufen am 17.10.2025.

nPro (2025). Lastprofile für Quartiere und Gebäude. <https://www.npro.energy/main/de/load-profiles>, abgerufen am 17.10.2025.

Paul, Elena (2020). Batteriespeicher in Nichtwohngebäuden. Untersuchung zum Einsatz zur Lastspitzenkappung und Steigerung der Netzdienlichkeit. Dissertation. Fakultät für Architektur und Landwirtschaft der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover.

Seifert, Joachim; Schegner, Peter (2023). Zellulare Energiesysteme. Grundlagen, Teilsysteme, Märkte, Rahmenbedingungen. VDE Verlag.

Sorrell, Steve. et al. (2000): Reducing barriers to energy efficiency in private and public organisations. Final Report: SPRU. <https://publica.fraunhofer.de/entities/publication/e02578e8-af55-42d3-92a1-7c3d59b5cdcc>, abgerufen am 20.10.2025.

Steurer, Martin (2017). Analyse von Demand Side Integration im Hinblick auf eine effiziente und umweltfreundliche Energieversorgung. Dissertation. Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Forschungsbericht 130.

Technische Universität Dresden et al. (2020). Abschlussbericht Service-Plattform-Verteilnetz zum integralen Lastmanagement. https://tu-dresden.de/ing/elektrotechnik/ieeh/ev/ressourcen/dateien/forschung/Ab-schlussbericht_SERVING.pdf?lang=de, abgerufen am 17.10.2025.

Thomsen, Jessica et al. (2022). FlexGeber – Demonstration von Flexibilitätsoptionen im Gebäudesektor und deren Interaktion mit dem Energiesystem Deutschlands. Abschlussbericht für das BMWK. Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, ENIT Energy IT Systems GmbH, Institut für Klimaschutz, Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Taifun-Tofu GmbH, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH, Freiburg im Breisgau. <https://www.ise.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/flexgeber.html>, abgerufen am 17.10.2025.

Trianni, Andrea; Cagno, Enrico (2012). Dealing with barriers to energy efficiency and SMEs: Some empirical evidences. In: Energy 37 (1), S. 494–504.

Wolter, Martin et al. (2023). Flexibilisierung des Energiesystems. VDE Studie 10/2023, VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V., Offenbach. <https://www.vde.com/resource/blob/2283424/e-cae13601387c8f642140f9f29d09c34/vde-studie-flexibilisierung-des-energiesystems-data.pdf>, abgerufen am 20.10.2025.

Abkürzungsverzeichnis

BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BHKW	Blockheizkraftwerke
BMWE	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
dena	Deutschen Energie Agentur GmbH
EMAS	Eco-Management and Audit Schemes
EMS	Energiemanagementsysteme
EnEfG	Energieeffizienzgesetz
EnEV	Energieeinsparverordnung ()
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
GEG	Gebäudeenergiegesetz
GLT	Gebäudeleittechnik
gMSB	grundzuständiger Messstellenbetreiber
GNDEW	Gesetz zum Neustart der Digitalisierung der Energiewende
GWh	Gigawattstunden
HLK	Heizung, Lüftung und Klimatisierung
iMSys	Intelligente Messsysteme
iMSys+	intelligente Mess- und Steuerungssysteme (iMSys plus Steuerungseinheit)
iMSys(+)	intelligente Messsysteme mit oder ohne Steuerungseinheit
IWU	Institut Wohnen und Umwelt
KI	Künstliche Intelligenz
KSG	Klimaschutzgesetz
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
mME	moderne Messeinrichtung
MsbG	Messstellenbetreibsgesetz
NGF	Nettogrundfläche
NWG	Nichtwohngebäude
PV	Photovoltaik
RLM	registrierende Leistungsmessung
SLP	Standardlastprofile

SMGW	Smart-Meter-Gateway
SRI	Smart-Readiness-Indicator
SET Hub	Startup Energy Transition Hub
SteuVE	steuerbare Verbrauchseinrichtungen
StromNEV	Stromnetzentgeltverordnung
THG	Treibhausgas
TWh	Terawattstunde
VNB	Verteilnetzbetreiber
wMSB	wettbewerblicher Messstellenbetreiber
WG	Wohngebäude

